



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

TRABAJO FINAL DE GRADO

RELACIÓN ENTRE LA REFRACCIÓN PERIFÉRICA Y LA BIOMETRÍA. Estudio de campo en pacientes jóvenes.

CÁNDIDA QUINTANA GONZÁLEZ

DIRECTOR

JESÚS ARMENGOL CEBRIAN

DIRECTORA

MONTSERRAT AUGÉ SERRA

DEPARTAMENTO

ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

Mayo del 2015



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

El Sr Jesús Armengol Cebrián y la Sra. Montserrat Augé Serra, como directores del trabajo

CERTIFICAN

Que la Sra. Cándida Quintana González ha realizado bajo su supervisión el trabajo RELACIÓN ENTRE LA REFRACCIÓN PERIFÉRICA Y LA BIOMETRÍA recogido en esta memoria para optar al título de grado en Óptica y Optometría.

Y para que conste, firmamos este certificado.

Sr. Jesús Armengol Cebrián
Director del trabajo

Sra. Montserrat Augé Serra
Directora del trabajo

Terrassa, 7 de Mayo de 2015



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

RELACIÓN ENTRE LA REFRACCIÓN PERIFÉRICA Y LA BIOMETRÍA. Estudio de campo en pacientes jóvenes.

RESUMEN

Objetivo: Analizar la refracción periférica y la biometría. Comprobar la relación entre la refracción central con la longitud axial, verificando si los ojos miopes son más alargados y a su vez si los hipermetropes son más cortos. Valorar la ametropía periférica en relación con la ametropía central. Y estudiar las correlaciones de los parámetros en la biometría.

Material y método: Autorefractómetro Shin Nippon K5001 para la medida de refracción central y periférica en una muestra de 99 sujetos de 14 ± 0.91 años de edad media, 51 chicas y 48 chicos. Comparar las diferencias entre ojo derecho / ojo izquierdo y según el sexo de los equivalentes esféricos relativos. Biometría con Lenstar LS 90 en los ojos derechos de toda la muestra, valorando Grosor del Centro Corneal (GCC) o Paquimetría, Radio de curvatura Corneal (RC), Diámetro Corneal (DC), Profundidad de la Cámara Anterior (PCA), Grosor de la lente (GL) y Longitud Axial (LA). Hacer correlaciones entre los diferentes parámetros y comparar según la ametropía encontrada y según el sexo.

Resultados: Del total de la muestra hay 28 ojos miopes, 139 ojos emétopes y 6 ojos hipermetropes. La refracción periférica en los ojos miopes da valores positivos, en los ojos emétopes valores casi neutros y en los ojos hipermetropes valores negativos. Las comparaciones entre ojo derecho e izquierdo obtenemos que tienen formas muy similares y según el sexo no se observan diferencias. Las correlaciones con el equivalente esférico son significativas con la longitud axial y la profundidad de la cámara anterior. Las correlaciones con la longitud axial son significativas con todos los parámetros excepto la paquimetría. Y las correlaciones con el radio corneal son significativas con el diámetro corneal y la longitud axial.

Conclusiones: Existe una relación clara entre la refracción central y la longitud axial cuanto mayor es la graduación en miopes. El plano imagen en los ojos amétopes proporciona una refracción periférica con el signo contrario a la refracción central. Las correlaciones entre los diferentes parámetros biométricos muestran una importante correlación con la longitud axial.



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

RELACIÓN ENTRE LA REFRACCIÓN PERIFÉRICA Y LA BIOMETRÍA. Estudio de campo en pacientes jóvenes.

RESUM

Objectiu: Analitzar la refracció perifèrica i la biometria. Comprovar la relació entre la refracció central amb la longitud axial, verificant si els ulls miops són més allargats i si els hipermetrops són més curts. Valorar l'ametropia perifèrica en relació amb l'ametropia central. I estudiar les correlacions dels paràmetres en la biometria.

Material i mètode: Autorefractòmetre Shin Nippon K5001 per a la mesura de refracció central i perifèrica en una mostra de 99 subjectes de 14 ± 0.91 anys d'edat mitja, 51 noies i 48 nois. Comparar les diferències entre ull dret / ull esquerre i segons el sexe dels equivalents esfèrics relatius. Biometria amb Lenstar LS 90 en els ulls drets de tota la mostra, valorant Gruix del Centre Corneal (GCC) o Paquimetria, Radi de curvatura Corneal (RC), Diàmetre Corneal (DC), Profunditat de la Càmera Anterior (PCA), Gruix de la lent (GL) i Longitud Axial (LA). Fer correlacions entre els diferents paràmetres i comparar segons l'ametropia i segons el sexe.

Resultats: Del total de la mostra hi ha 28 ulls miops, 139 ulls emmetrops i 6 ulls hipermetrops. La refracció perifèrica en els ulls miops dona valors positius, en els ulls emmetrops valors gairebé neutres i en els ulls hipermetrops valors negatius. Les comparacions entre ull dret i esquerre obtenim que tenen formes molt similars i segons el sexe no s'observen diferències. Les correlacions amb l'equivalent esfèric són significatives amb la longitud axial i la profunditat de la càmera anterior. Les correlacions amb la longitud axial són significatives amb tots els paràmetres excepte el gruix del centre corneal. I les correlacions amb el radi corneal són significatives amb el diàmetre corneal i la longitud axial.

Conclusions: Existeix una relació clara entre la refracció central i la longitud axial conforme més gran és la graduació en miops. El pla imatge en els ulls ametrops proporciona una refracció perifèrica amb el signe contrari a la refracció central. Les correlacions entre els diferents paràmetres biomètrics mostren una important correlació amb la longitud axial.



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

RELACIÓN ENTRE LA REFRACCIÓN PERIFÉRICA Y LA BIOMETRÍA. Estudio de campo en pacientes jóvenes.

ABSTRACT

Purpose: Analyze the peripheral refraction and biometrics. Check the relationship between the central refraction with the axial length. Find out if myopic eyes are longer and if eyes hyperopic are shorter. Relate the central refraction with peripheral refraction. Value the peripheral refraction as related to the central refraction. And study the interrelations of the parameters in the biometrics.

Material and methods: Shin Nippon autorefractometer K5001 to measure central and peripheral refraction in a sample of 99 subjects of 14 ± 0.91 years of average age, 51 girls and 48 boys. Compare the differences between right eye / left eye and according to sex of the spherical equivalent relative. Biometrics Lenstar LS 90 in the right eyes of the entire sample, valuing Corneal thickness (GCC) or Pachymetry, Corneal curvature Radius (RC), Corneal diameter (DC), Anterior Chamber Depth (PCA), thickness Lens (GL) and Axial Length (LA). Establish correlations between different parameters and compare according to refractive error found or according to sex.

Results: From the total sample, there are 28 myopic eyes, 139 emmetropic eyes and 6 hyperopic eyes. The peripheral refraction in myopic eyes gives positive values, in emmetropic eyes almost neutral and hyperopic eyes negative values. The comparisons between right and left eye tell that they have very similar shapes and according to the gender there are no observed differences. The correlations of the equivalent spherical are significant between the axial length and the depth of the preceding chamber. The correlations of the axial length are significant in all parameters except the pachymetry. And the correlations of the corneal radius are significant between the corneal diameter and the axial length.

Conclusions: Clearly there is a relationship between central refraction and the axial length bigger graduation in myopic. The flat image in ametropes eye provides peripheral refraction with the opposite sign to the central refraction. The correlations between the different biometric parameters reveal a significant correlation in the axial length.

SUMMARY

In our study we would like to find a relation between the peripheral refraction and the eye's biometry in a sample of young subjects. The main purpose of this study has been to check in real subjects some of the concepts we have learned over the course of the degree such as Visual optics, Physical optics, Binocular dysfunctions, Psychophysics and neurophysiology of vision.

Throughout this study we explain different sections: (i) Introduction; (ii) The background in relation to the eye model, and the different ametropies and peripheral refraction; (iii) Objectives; (iv) Materials and methods of our work; (v) Results that we have obtained compared to other similar studies and (vi) Conclusions.

Background

We can interpret the eye as a conventional optical system, which is composed mainly of the cornea and lens. There are various kinds of eye model, but we use the Le Grand model. The special feature of this model is that it has 60 dioptres.

The overall shape of the adult eye can be considered as a sphere of 12mm in radius. In the anterior pole we find a second sphere, the cornea, with 8mm in radius. The distance between the center of the eye sphere and the center of corneal sphere is 5mm. Considering the sclera and choroid thickness to be 1mm, we take axial length as 24mm. The main radiuses of the eye are: 7,8mm (cornea), 10,2mm (anterior lens) and -6,0mm (posterior lens).

The Le Grand model establishes the distances between each part of the eye and the corneal vertex is considered the inicial reference (0mm). From the vertex these distances are: 0,55mm to the posterior face of the cornea; 3,60mm to the anterior face of the lens; 7,60mm to the posterior face of the lens and 24,20mm to the retina (Romero Mora et al. 1995).

There are three kinds of ametropies: myopia, hyperopia and astigmatism. Myopia occurs when a subject focuses the light rays from infinity in front of the retina, causing a blurring distant vision and a clear near vision. The cause of myopia could be an excessive axial length or a higher ocular power. Hyperopia occurs when the eye focuses light rays coming from the infinite behind the retina, providing blur. If the long-sighted accommodative ability is not enough to compensate for power that is missing, the image will focus behind the retina, causing blurred vision from afar and from close by. The causes of the hyperopic eye are a small axial length or a lower power eyepiece. Finally, the astigmatism is an ametropia given from afar and from close by since the cornea or the lens are not spherical and are two meridians of different power.

Through the central retina we get a better view and also a color vision, which is why the studies have focused mostly on always assessing and investigating the functioning of the macula and the fovea. However, starting a number of years ago it has been gradually investigating more towards the retina and the peripheral refraction. The various studies that exist are about this topic of the axial elongation on the myopic eyes and the emmetropization in children.

In relation to the peripheral refraction, studies have also been carried out on the shape of the posterior pole of the eye. The myopic eyes usually present a relative farsightedness in the peripheral refraction due to its elongated shape in the direction of the axis, since the shape of the posterior pole is similar to a prolate ellipse. In contrast, farsighted myopia tends to have a relative in the peripheral refraction, because the shape of the posterior pole tends to be an oblate ellipse. (Schmid 2003)(Mutti OJ 2000)(Atchinson, Pritchard, et al. 2005)

Purpose

Analyze the peripheral refraction and biometrics. Check the relationship between the central refraction with the axial length. Finding out if myopic eyes are longer and hyperopic eyes are shorter. To relate central refraction with peripheral refraction. To value the peripheral refraction as regards the central refraction. And to study the interrelations of the parameters in the biometrics.

Material and methods

We have been a group of 3 people for 3 different jobs. The study sample consists of 99 students from 2nd and 3rd in the E. S. O. from I. E. S. Investigador Blanxart, of the city of Terrassa. The sample is divided into 51 girls and 48 boys with an average age of 14 ± 0.91 years. Following the ethical principles of the Declaration of Helsinki, for participation in the study an informed consent and a symptom questionnaire has been delivered to the parents.

The procedure, continuing all the tests, has been to make an examination first of optometric examination in each of the patients, followed by refraction measurements with the autorefractometer of field opened in both eyes and in the different points of fixation, and finally to do the biometrics measurements in the right eyes.

The autorefractometer and the biometry measures have been taken in a classroom with the lights out and blinds down, allowing only a little sunlight to enter. Cards with marks indicating points of fixation 10° , 20° and 30° to right and left, at a distance of 3 meters from the subjects, have been prepared for both tests. In each of the fixing points it has been taken into account if it was either valued nasal retina or temporal retina.

The instruments used were the autorefractometer of Shin Nippon Nvision K5001, biometry Lenstar LS 900 open field, and the set of tools for the optometric examination (optotype, occlusion, Retinoscope, flipper, Maddox, spotlight, TNO, red-green glasses). The autorefractometer has been ideal for examining external fixing points and assessing pupils up to 2.3 mm when taking peripheral measures. The biometry has enabled us to make quick and non-contact measurements having to fix the patient in a single static point.

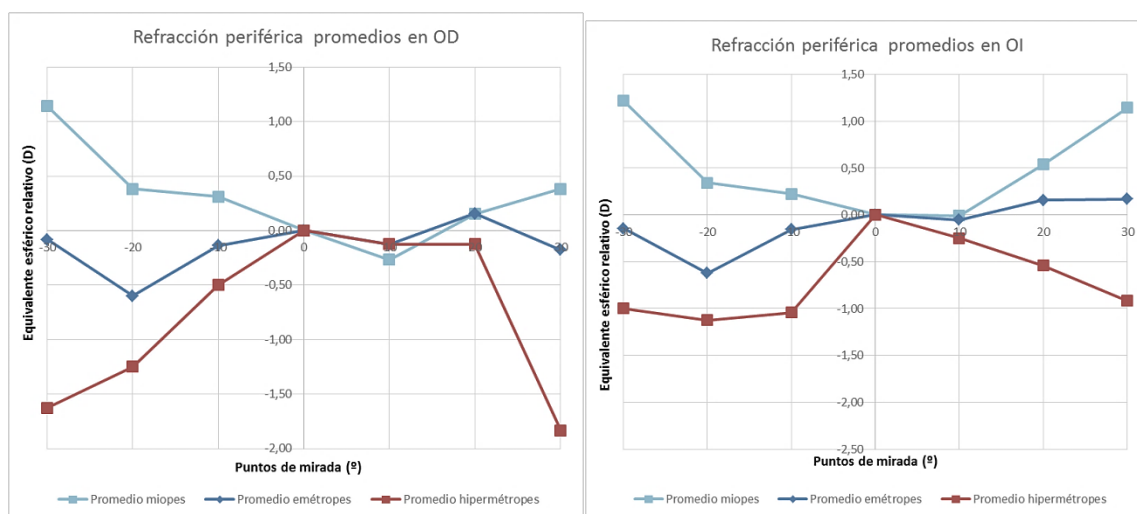
Results

Upon performing the complete optometric examination, the visual affectation in the sample was discovered. 46% of the sample was properly corrected and Visual abilities were correct. 53% had affectations divided into difficult Visual acuity with correction, ametropies uncorrected, problems of accommodation or binocularity and some effects of motility. These results will be widely studied in another final degree project.

We have classified the sample in two different ways: according to the spherical equivalent (EE) refraction central in myopic, emmetropic and hyperopic, and according to the Axial length (LA) in long, medium and short. In the first classification we found 28 myopic eyes, 6 hyperopic eyes and 139 emmetropic eyes. In the second classification we have 20 long eyes, 58 medium-size eyes and 19 short eyes.

- Central and peripheral refraction

In the central and peripheral refraction we have divided along the lines of ametropy in OD and OI, presenting descriptive statistics of the values in average, standard deviation, maximum and minimum. In order to compare these values among themselves we calculated all the values of the central and peripheral refraction relative.



Graphical 2 and 3 memory. Comparison according to averages of different refractive errors in OD and OI

In the graph we can observe that as we move away from the center the relative peripheral refraction changes according to the ametropía. After realizing the statistical evaluation, the only significant statistical values are in the ends of the averages of the short-sighted people and the emétopes. The statistical comparisons with the long-sighted eyes have not been realized because there are only 3 patients in the sample. The results in the comparison of sex is given us by differences of graduation of 0,25D or less in some fixation points between men and women. But they are not statistically significant.

- **Biometry**

In the comparison between the refraction with the central axial length to assess whether myopic eyes are more elongated and hyperopes are shorter results have been obtained which show that is not exactly true. In only 37% of the sample there is a relationship between the refraction with axial length. Linking this result with the normality test of the second classification of the sample we can observe that not all the long eyes are myopic or all the eyes are short sighted.

The obtained measurements of the right eyes of the sample are summed up in Axial Length (HER), Thickness of the Center of the Cornea (GCC) or paquimetría, Depth of the Previous Chamber (PCA), Thickness of the Lens (GL), Radio of the Flat Meridian (RMP), Radio of the Curved Meridian (RMC), Corneal curvature Radius (RC) (the average of RMP and RMC) and Corneal Diameter (DC). All the biometric measurements give us values of normality $P > 0.150$, in contrast to the spherical equivalent. We have compared all the measurements differing between ametropías, following the first classification, and between sex, women and men.

- **Correlations with EE, LA and RC**

Both the axial length and the depth of the previous camera are two parameters that present interrelation with the spherical equivalent. The relation with is $R^2 = 32.1 \%$ and with the PCA of $R^2 = 9.8 \%$. In the interrelations with the axial length we obtain that all the parameters have an interrelation, except for the Paquimetría. In these cases, too, we have a few low values of relation, since the R^2 are: 32.1 % with USA, 14.8 % with GL, 24.7 % with PCA, 25.7 % with RC and 7.4 with DC. The parameters that go out for us that they have interrelation with the radio of corneal curvature are the corneal diameter ($R^2 = 19.8 \%$) and the axial length ($R^2 = 25.7 \%$). In general so much for hundreds they indicate to us the percentage of the sample that presents the stated interrelation; we think that these percentages are low. In case of the article (Touzeau et to. 2014) they coincide with our values of the interrelations, except for some measurement which has been realized differently like the GL because they have measured the radioes of the previous and the later face of the lens.

Conclusions

In relation to our overall objective of analyzing the relationship between peripheral refraction and biometrics we can conclude that the highest relation that exists is the axial length, since this is related to the vast majority of ocular parameters. This relationship with the axial length has already been demonstrated previously in other studies such as a *Correlation between the refraction et the biometrieoculaire* and *Ocular components during the ages of eye development*.

On the relationship between spherical equivalent and axial length, we can conclude that not all long eyes are myopic or all short eyes are hyperopic. And that we can also find Emmetropic eyes, long or short. The findings indicate that it is not only the axial length which affects the refraction, but that influence other parameters.

In the measurements oculometrics valued we can see that the measurement correlated with most of the parameters is the axial length, playing an important role both in the form of the eyeball and in the relation of the parameters between themselves.

With our subjects sample we have corroborated the studies already done previously, coinciding the results with a peripheral farsightedness with short-sighted eyes and a peripheral myopia in long-sighted eyes. In case of the plain image of the eyes emétropes we conclude that it is almost neutral in all the measured points.

SUMARIO

1 INTRODUCCIÓN.....	4
2 MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Ojo teórico.....	5
- Forma y dimensiones	
- Radios de curvatura e índices de refracción	
- Distancias respecto vértice corneal	
2.2 Ametropías.....	8
- Miopía	
- Hipermetropía	
- Astigmatismo	
2.3 Refracción periférica.....	11
- Retina	
- Forma del polo posterior	
3 OBJETIVOS.....	14
4 MÉTODO EXPERIMENTAL.....	15
4.1 Muestra del estudio.....	15
- Compromiso ético y social	
4.2 Procedimiento.....	15
4.3 Instrumentos y medidas.....	17
- Instrumentos del examen optométrico	
- Autorrefractómetro	
- Biómetro	
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
5.1 Informes.....	20
5.2 Clasificación.....	20
5.3 Refracción Central y Periférica.....	22
- Refracción Central y Periférica Relativa	
- Refracción según el sexo	
- Correlación ojo derecho con ojo izquierdo	
5.4 Biometría.....	31
- Relación de la Refracción Central con la Longitud Axial	
- Estudio de las medidas oculométricas según refracción	
- Estudio de las medidas oculométricas según sexo	
5.5 Análisis estadístico.....	33
6 CONSLUSIONES.....	37
7 BIBLIOGRAFIA.....	39

ANEXOS.....	41
--------------------	-----------

LISTADO FIGURAS

Figura 1. Esquema del perfil del ojo humano.....	5
Figura 2. Ojo miope viendo objeto lejano (arriba) y cercano (abajo).....	8
Figura 3. Ojo hipermetrope viendo objeto lejano (arriba) y cercano (abajo).	9
Figura 4. Focalización de un haz de luz lejano en un ojo con ametropía esférica y un ojo con ametropía astigmática.....	10
Figura 5. Perfil de la retina con nombre de las diferentes partes.....	12
Figura 6. Posición del plano imagen en la retina en un ojo emétrope, un ojo miope y un ojo hipermetrope corregidos.....	13
Figura 7. Esquema del procedimiento de la medida de la Biometría periférica.....	16
Figura 8. Composición de imágenes a partir de la web.....	17
Figura 9. Shin Nippon NVision K5001.....	18
Figura 10. Lenstar SL 900.....	19

LISTADO TABLAS

Tabla 1. Resumen de los parámetros ópticos en el ojo teórico de Le Grand.....	7
Tabla 2. Diferencias según la Longitud axial.....	21
Tabla 3. Estadística descriptiva de los valores del equivalente esférico de los ojos derecho.....	22
Tabla 4. Estadística descriptiva de los valores del equivalente esférico de los ojos izquierdos.....	23
Tabla 5. Estadística descriptiva del equivalente esférico relativo de los ojos derechos.....	24
Tabla 5.1 Valor P en cada punto de fijación valorando las diferencias de refracción entre miopes y emétropes en OD.....	25
Tabla 6. Estadística descriptiva del equivalente esférico relativo de los ojos izquierdos.....	24
Tabla 6.1 Valor P en cada punto de fijación valorando las diferencias de refracción entre miopes y emétropes en OI.....	26
Tabla 7. Estadística descriptiva según sexo de OD.....	27
Tabla 7.1 Valor P en cada punto de fijación valorando las diferencias de refracción entre hombres y mujeres en OD.....	28
Tabla 8. Estadística descriptiva según sexo de OI.	27
Tabla 8.1 Valor P en cada punto de fijación valorando las diferencias de refracción entre hombres y mujeres en OI.....	28

Tabla 8.2 Valor P en cada punto de fijación valorando las diferencias de refracción en miopes	30
Tabla 8.3 Valor P en cada punto de fijación valorando las diferencias de refracción en emétropes ...	30
Tabla 9. Estadística descriptiva de los valores biométricos según la refracción. P-valor de la prueba de normalidad de los valores de la muestra total.....	32
Tabla 10. Estadística descriptiva de los valores biométricos según el sexo.....	33
Tabla 10.1 P valor de las medidas biométricas comparando mujeres y hombres.....	33
Tabla 11. Estadística del EE con otros parámetros.....	34
Tabla 12. Estadística de la LA con otros parámetros.....	34
Tabla 13. Estadística del RC con otros parámetros.....	36

LISTADO GRÁFICAS

Gráfico 1. Histograma de la prueba de normalidad de longitud axial.....	21
Gráfica 2. Equivalente periférico relativo según ametropías en OD.....	25
Gráfica 3. Equivalente periférico relativo según ametropías en OI.....	26
Gráficas 4 y 5. Promedios de OD y OI según el sexo.....	28
Gráficas 6, 7 y 8. Comparación del equivalente esférico relativo de ojo derecho y ojo izquierdo según ametropía.	29
Gráfica 9. Valores de anisometropía, OD – OI.....	30
Gráfica 10. Relación Refracción central vs. Longitud axial.....	31
Gráficas 11 y 12. Valores correlacionados con el equivalente esférico.....	34
Gráficas 13, 14, 15, 16 y 17. Valores correlacionados con la longitud axial.....	35
Gráficas 18 y 19. Valores correlacionados con el radio curvatura corneal.....	36

Capítulo 1 INTRODUCCIÓN

El interés por la óptica y la optometría nos ha llevado a querer analizar en una muestra de sujetos la refracción central y periférica para compararlas con la biometría de los mismos.

La teoría de diferentes asignaturas del grado como Anatomía del sistema visual, Óptica visual, Óptica física, Disfunciones de la visión binocular y Psicofísica y neurofisiología de la visión nos han proporcionado conocimientos del funcionamiento, la forma y la funcionalidad, tanto del ojo en sí como del sistema visual completo.

La motivación para la realización de este trabajo final de grado ha sido el poder comprobar y relacionar algunos de los conceptos aprendidos de las asignaturas mencionadas anteriormente con pacientes reales.

A lo largo del trabajo explicaremos dentro del marco teórico los conceptos de ojo teórico, las diferentes ametropías y la refracción periférica, valorando la morfología y funcionalidad de la retina. Seguidamente, presentaremos los diferentes objetivos propuestos en el trabajo y daremos a conocer el método experimental e instrumentos utilizados. Finalmente, mostraremos los resultados obtenidos y las conclusiones comparando nuestros resultados con estudios similares.

Capítulo 2 MARCO TEÓRICO

2.1 Ojo teórico

El ojo se puede interpretar como un sistema óptico convencional, formado principalmente por dos elementos: la córnea y el cristalino. Se han propuesto diferentes modelos de ojo desde que en 1851 Listing formuló su modelo geométrico (Helmholtz, Gullstrand, Le Grand, Emsley, ...). (Viqueira Pérez et al. 2003) En nuestro estudio explicaremos como modelo geométrico y ojo teórico el modelo de Le Grand por llegar a una potencia del ojo muy cercana a 60 dioptrías, un valor fácil de recordar. (Le Grand 1991).

Hablamos de ojo teórico como el ojo ideal, emétrope, esférico y casi simétrico. En la realidad nos encontramos que la forma del ojo varía entre individuos y es complicado encontrarnos con un ojo como el teórico. Proponer unos parámetros estándar de un ojo ideal es perfecto para poder hacer estudios y conocer mejor el ojo humano y sus componentes.

- Forma y dimensiones

La forma general del ojo de un adulto se puede considerar como una esfera de 12 mm de radio. En el *polo anterior* encontramos un abombamiento de un radio de 8 mm, que corresponde a la córnea. La distancia que separa el centro de la esfera mayor de la corneal es de 5 mm.

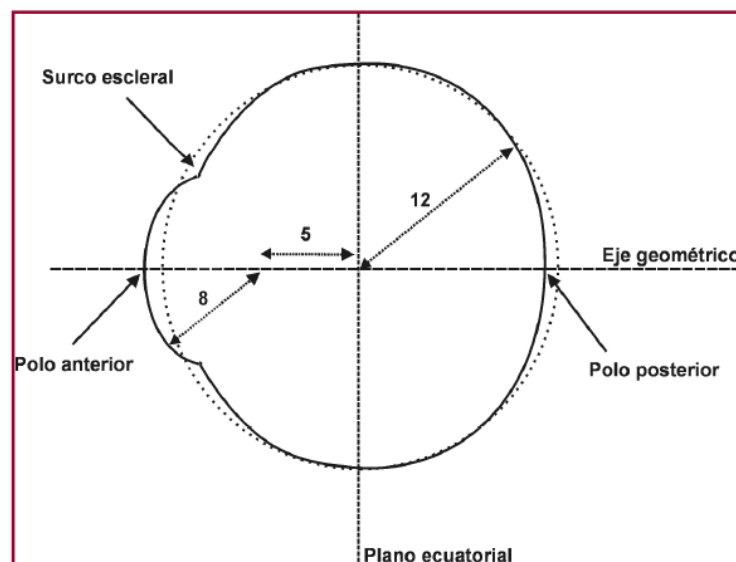


Figura 1. Esquema del perfil del ojo humano (PPT óptica visual)

Como podemos observar en la imagen, el *polo posterior* no sigue perfectamente la esfera de 12 mm, sino que se aplanar simulando un radio de curvatura mayor. El *eje geométrico* es el

que pasa desde el polo anterior al polo posterior, coincidiendo con el eje óptico del sistema. Éste eje se denomina *eje antero-posterior*. De forma perpendicular al eje antero-posterior y pasando por el centro ocular encontramos *el plano ecuatorial*, dividiendo el globo en sección anterior y sección posterior.

Sumando las diferentes distancias descritas anteriormente desde el polo anterior al polo posterior, y considerando el espesor de esclerótica y coroides como 1 mm, obtenemos que el eje antero-posterior tiene una medida de entre 24 y 25mm.(Romero Mora et al. 1996)

- Radios de curvatura e índices de refracción

Podemos considerar como básicos en el ojo 4 radios de curvatura diferentes, dos de la córnea y dos del cristalino. Para conseguir ver bien la córnea y el cristalino son las dos partes principales que dan la potencia necesaria al ojo.

La *córnea* la podemos considerar como un menisco convexo hacia la dirección de la incidencia de la luz. Los radios de curvatura tanto de la cara anterior como de la cara posterior son muy parecidos aunque un poco mayor el de la primera. Por el hecho de separar diferentes medios (aire y humor acuoso) la córnea se considera el elemento de mayor peso de la refracción ocular.

El radio de curvatura de la primera superficie de la córnea según Le Grand se considera una media de 7.8 mm, considerando que la mayoría de personas presentan radios de curvatura entre 7 y 8.50 mm.

Al ser muy pequeña la diferencia de índices entre cornea y humor acuoso, ha habido dudas de si ambas caras de la córnea eran paralelas. Basándonos de nuevo en Le Grand, considera como radio de la cara posterior de la córnea el valor de 6.5 mm, ya que coge la córnea como un menisco más grueso en los bordes que en el centro.

El *cristalino* completa la acción refractiva de la córnea con el fin de que las imágenes se formen sobre la retina. Éste lo podemos asociar a una lente biconvexa asimétrica, diferenciando la curvatura de la cara anterior de la cara posterior. Le Grand nos aporta como radios 10.2 mm de la cara anterior del cristalino y -6.00 mm el radio de la cara posterior. El humor acuoso baña el cristalino por la cara anterior y el humor vítreo por la posterior, ambos humores presentan índices muy similares y esto nos permite considerar el cristalino como una lente sumergida en medios de índice extremos iguales.

De las diferentes partes oculares, el único índice de refracción exacto es el del humor acuoso por ser un medio homogéneo. Las demás partes presentan índices que pueden variar ligeramente de un punto a otro. Siguiendo también las observaciones encontradas por Le Grand tomaremos como índice corneal el valor 1.3771, el del humor acuoso 1.3374, el del cristalino 1.4200 y para el humor vítreo 1.3360 (igual que el de la lágrima).(Romero Mora et al. 1996)(Le Grand 1991).

- Distancias respecto vértice corneal

Considerando el vértice corneal como un inicio igual a 0 mm y fijándonos en los estudios de Le Grand podemos obtener lo separados que encontramos cada parte del ojo. La cara posterior de la córnea la encontramos a 0.55 mm, la cara anterior del cristalino está a 3.60 mm, la cara posterior a 7.60 mm y la retina a 24.20 mm. (Romero Mora et al. 1996).

En la siguiente tabla resumen de los datos de Le Grand podemos observar de forma más fácil y concisa todas las medidas mencionadas anteriormente.

Para el ojo desacomodado		
Índices de Refracción	CÓRNEA HUMOR ACUOSO CRISTALINO (efectivo) HUMOR VÍTREO	1.3771 1.3374 1.4200 1.3360
Radios de Curvatura (mm)	CARA ANTERIOR CÓRNEA CARA POSTERIOR CÓRNEA CARA ANTERIOR CRISTALINO CARA POSTERIOR CRISTALINO	7.8 6.5 10.2 -6.0
Posición Respecto al Polo Anterior (mm)	CARA POSTERIOR CÓRNEA CARA ANTERIOR CRISTALINO CARA POSTERIOR CRISTALINO RETINA	0.55 3.60 7.60 24.20

Tabla 1. Resumen de los parámetros ópticos en el ojo teórico de Le Grand (Romero Mora et al. 1996)

2.2 Ametropías

El ojo emétrope es aquel que en condiciones de reposo, Acomodación igual a 0, está enfocado en el infinito y el plano imagen coincide sobre el plano de la retina. Éste ojo será capaz de ver nítidamente objetos lejanos sin acomodar y objetos próximos acomodando. El ojo teórico sería el mejor ejemplo de emetropía, ya que su potencia ocular se corresponde con su longitud axial.

El ojo amétrope es aquel que no cumple esta condición. Las ametropías pueden ser tanto esféricas como astigmáticas. Podemos diferenciar dos tipos de ametropías esféricas: la miopía y la hipermetropía. (Viqueira Pérez et al. 2003).

Las ametropías se caracterizan por proporcionar una imagen borrosa o distorsionada a causa de un mal funcionamiento óptico del ojo, ya sea por su longitud axial o por su potencia ocular. Éstas se pueden corregir mediante medios ópticos como lentes esféricas y astigmáticas.

- Miopía

Es la ametropía esférica más frecuente y se caracteriza porque los rayos de luz procedentes del infinito forman la imagen delante de la retina. (Figura 2) Cuando el ojo miope está en reposo y sin corrección la visión lejana es borrosa y la visión próxima es nítida. Las causas estructurales de la miopía pueden ser una excesiva longitud axial del ojo, una córnea o cristalino con mayor potencia ocular o un error en la relación entre longitud axial y potencia. Podemos clasificarla en miopía simple y miopía progresiva. La miopía simple es una miopía baja o media y estable, mientras que la miopía progresiva es alta o muy alta y puede provocar patologías en el fondo del ojo.

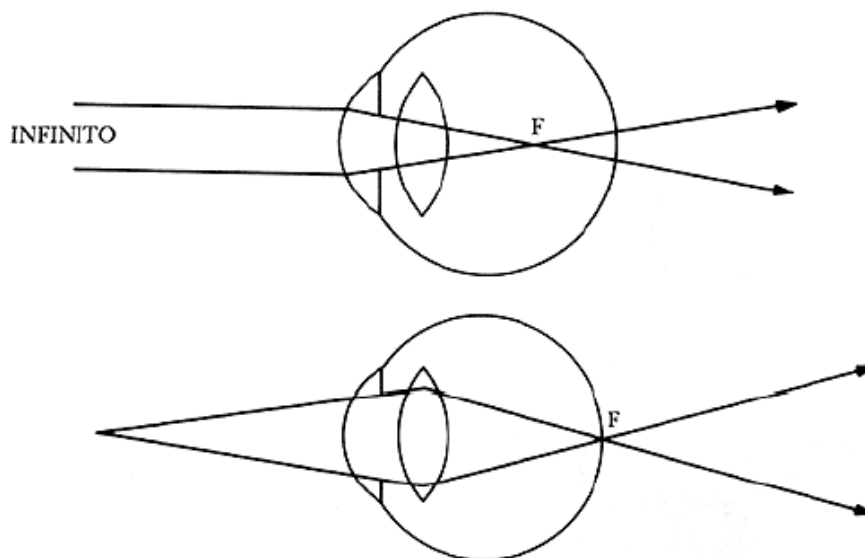


Figura 2. Ojo miope viendo objeto lejano (arriba) y cercano (abajo).

(<http://pendientedemigracion.ucm.es/info/clinopto/Tiposdedefectosrefractivos.htm> 4/3/2015)

- Hipermetropía

También es una ametropía esférica, pero menos frecuente que la miopía. Se caracteriza porque los rayos procedentes del infinito se focalizan por detrás de la retina, provocando una imagen borrosa. (Figura 3)

Las causas estructurales de la hipermetropía pueden ser una longitud axial más corta de lo habitual y/o una córnea o cristalino con menor potencia ocular. Si la capacidad acomodativa no es suficiente para compensar la potencia que falta la imagen se enfocará detrás de la retina, provocando visión borrosa tanto de lejos como de cerca.

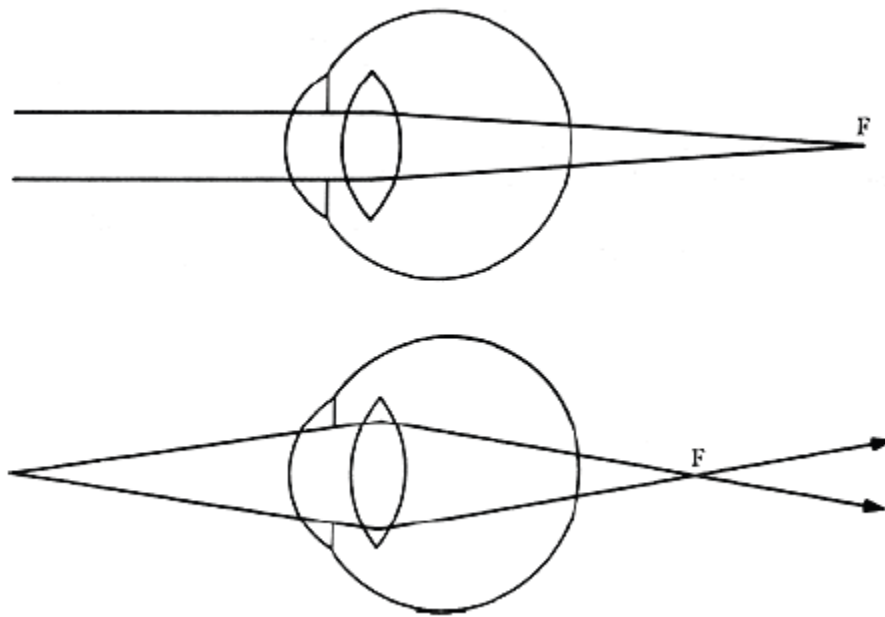


Figura 3. Ojo hipermetrope viendo objeto lejano (arriba) y cercano (abajo).

(<http://pendientedemigracion.ucm.es/info/clinopto/Tiposdedefectosrefractivos.htm> 4/3/2015)

- Astigmatismo

Es tan frecuente como la miopía pero menos conocido. Cuando hay astigmatismo la imagen de un punto no es otro punto, sino que son dos líneas perpendiculares entre sí y situadas en diferentes posiciones. (Figura 4) (Viqueira Pérez et al. 2003). Esto es debido a que la luz no incide del mismo modo en los meridianos corneales. La curvatura de la córnea pasa de ser esférica a ser cilíndrica, proporcionando un meridiano más plano y otro, perpendicular al primero, más curvo. Principalmente, este defecto cilíndrico es debido a la córnea pero también puede darse en el cristalino.

Los astigmatismos pueden darse aislados o combinados con otro defecto refractivo y causan una visión distorsionada dado que el ojo no puede enfocar ambos meridianos a la vez, o uno o el otro. Se presenta tanto en visión lejana y visión próxima, por lo que la visión siempre es distorsionada.

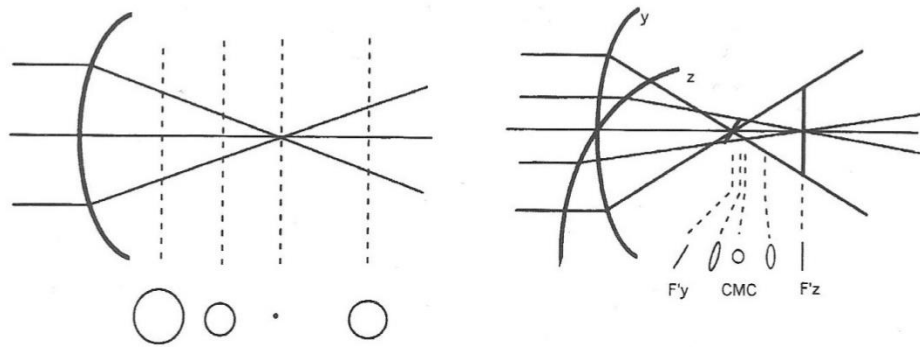


Figura 4. Focalización de un haz de luz lejano en un ojo con ametropía esférica y un ojo con ametropía astigmática.(Viqueira Pérez et al. 2003).

2.3 Refracción periférica

A través de la retina central obtenemos la mejor visión y además una visión en color, por esto los estudios mayormente se han focalizado siempre en valorar e investigar el funcionamiento de la mácula y la fovea. Desde hace ya bastantes años se está investigando la influencia de la retina periférica y la refracción periférica. De hecho el interés por el estudio de la refracción periférica viene desde el 1971 cuando Hoogerheide observó que la refracción central podía verse influenciada en los jóvenes pilotos de avión según su refracción periférica. Ellos inicialmente eran emétopes o hipermétropes y podían volverse miopes cuando la refracción periférica era relativamente hipermetrope respecto a la refracción central.

Otros estudios sobre la refracción periférica son debidos a la influencia que puede tener sobre la emetropización en niños o la evolución de la miopía por la elongación axial debida a una hipermetropía periférica (Smith et al. 2005).

A raíz de la valoración de ésta refracción se ha concluido que existe una refracción periférica miope en los hipermétropes, mientras que en los miopes sucede lo contrario, teniendo en cuenta las medidas en el eje horizontal (Mutti 2000)(Seidemann et al. 2002)(Atchison et al. 2005)(Chen et al. 2009). Los ojos emétopes no muestran dicha refracción, es decir, no hay diferencias entre la refracción central y la periférica o tienen un poco de hipermetropía.

Ho en el 2012 también encontró mediante la realización de electroretinogramas, respuestas eléctricas más fuertes en la retina periférica que en la retina central respondiendo al desenfoque, otro punto más a favor de la teoría de que las señales de la retina periférica dominan en el desarrollo del error refractivo con respecto a las de la retina central.(Ho et al. 2012).

Para poder entender mejor las diferencias entre la retina central y la retina periférica hablaremos seguidamente de las características de la retina y de las formas que puede presentar el polo posterior del globo ocular.

- Retina

La retina es la capa más interna del ojo donde se proyectan las imágenes, cuando la luz atraviesa cornea y cristalino. Dentro de esta capa se pueden distinguir dos zonas ópticas por sus diferencias estructurales y funcionales: la retina central o mácula y la retina periférica.

La *retina central* corresponde a una porción de unos 6-8 mm de diámetro y se encuentra situada a unos 4 mm del lado temporal de la papila (nervio óptico). Está formada casi en su totalidad por fotorreceptores de tipo *conos*, con una depresión central llamada fovea, de 1.5 mm. En la fovea se concentra la mayor densidad de conos de toda la retina, presentando un pico brusco de aproximadamente 199.000 conos/mm²(con variaciones según los individuos). Este pico desciende bruscamente hasta de 4.000 a 5.000 conos/mm² y permanece en ese

nivel en prácticamente el resto de la retina hasta la zona más periférica de la misma. Gracias a esta gran densidad de conos en fovea las funciones de la retina central son la visión en detalle (máxima agudeza visual), la visión cromática y la visión fotópica. Estas funciones nos permiten la lectura, discriminación de colores, percibir la profundidad y realizar las tareas visuales de precisión.

Por otro lado, la *retina periférica* constituye el resto de la retina óptica, completando un diámetro total de aproximadamente 42 mm que llega hasta la ora serrata. En ella encontramos principalmente otro tipo de fotorreceptores, los bastones. La concentración de bastones tiene un pico de densidad a 20° fuera de la fovea (a unos 6 mm aproximadamente) de unos 160.000 bastones/mm². Este pico disminuye de forma menos brusca que los conos y llega a unos 30.000 a 40.000 bastones/mm² en la zona más periférica de la retina.(Urtubia Vicario 1999).Las funciones de la retina periférica son las de visión escotópica y visión acromática. Estas nos permiten ver las cosas que están alrededor del objeto central que miramos (bultos) y percibir el movimiento en bajas condiciones de iluminación.

La imagen en la retina es procesada mediante los fotorreceptores para transformarla en señales eléctricas que se envían a través del nervio óptico hasta el córtex cerebral.

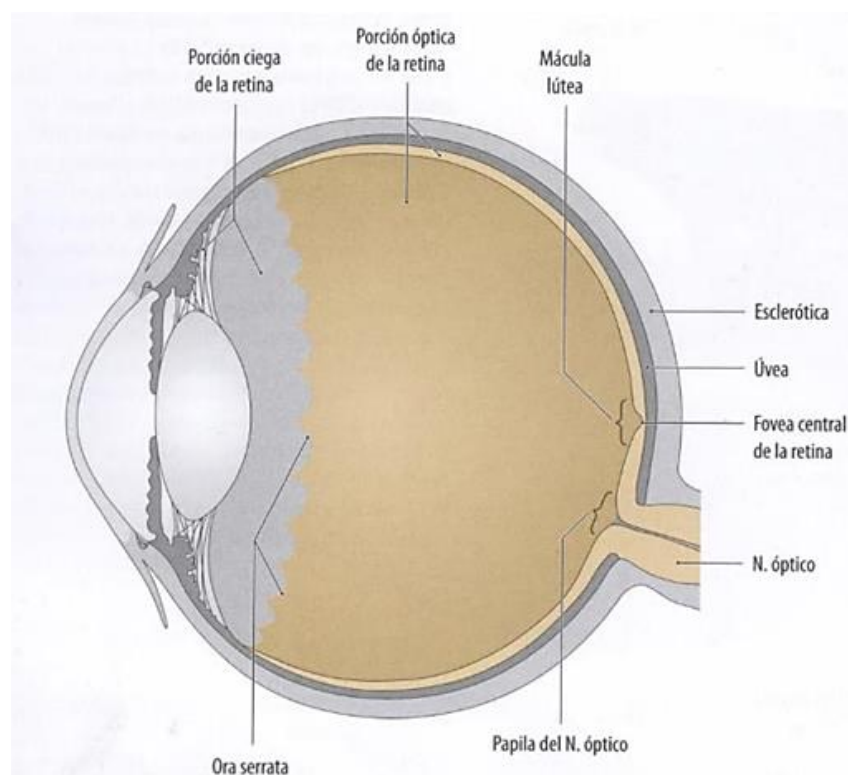


Figura 5. Perfil de la retina con nombre de las diferentes partes. (PPT retina médica)

En la imagen podemos observar el perfil de un ojo que nos muestra la retina. Desde las fibras del músculo ciliar hasta la ora serrata encontramos la *retina ciega* y la *porción óptica* de la

retina está desde la ora serrata hasta la papila. En la porción óptica encontramos diferentes estructuras comentadas anteriormente como son mácula, fovea y papila.

Mácula es la zona más central y correspondiente a la visión más nítida, es donde encontramos los *conos* (fotorreceptores del color). El punto central de mácula se denomina *fovea*. También encontramos la *papila* o mancha ciega, que es donde empieza el nervio óptico. Se denomina mancha ciega puesto que es donde se unen todas las fibras de los fotorreceptores para formar el nervio óptico y no proporciona visión por la falta de fotorreceptores en este pequeño punto.

- Forma del polo posterior

En relación a la refracción periférica también se han realizado estudios de la forma del polo posterior del ojo. Los ojos miopes suelen presentar una hipermetropía relativa en la refracción periférica a causa de su forma alargada en dirección del eje, ya que la forma del polo posterior es parecida a una elipse prolata. En cambio, los ojos hipermétropes suelen presentar una miopía relativa en la refracción periférica, debido a que la forma del polo posterior tiende a ser una elipse oblata. (Schmid 2003) (Mutti DO 2000) (Atchinson, Pritchard, et al 2005)



Figura 6. Posición del plano imagen en la retina en un ojo emétrope, un ojo miope y un ojo hipermetrope corregidos.

Como podemos observar en la [Figura 6](#) el plano imagen de un ojo miope corregido proporciona focalización periférica hipermetrópica detrás de la retina. En cambio, en el ojo hipermetrope vemos como el plano imagen periférico queda miopizado por delante de la retina.

Capítulo 3. OBJETIVOS

El objetivo global del estudio es el de analizar la relación que existe entre la refracción periférica y la biometría en una muestra de pacientes jóvenes con un Autorefractómetro de campo abierto y un biómetro.

Como objetivos más específicos en nuestro estudio nos hemos propuesto los siguientes:

- Comprobar la relación de la refracción central con la longitud axial verificando si los ojos miopes son más alargados y a su vez los ojos hipermétropes son más cortos.
- Estudiar las medidas oculométricas en función del sexo y la refracción.
- Valorar como es la ametropía periférica en relación con la ametropía central y así observar la forma que el plano imagen adopta en la retina de los diferentes ojos, en función de la refracción central.
- Evaluar la relación de otros parámetros con la longitud axial y el radio curvatura corneal, tales como la anchura de la cámara anterior o el diámetro corneal.

Capítulo 4. MÉTODO EXPERIMENTAL

4.1 Muestra del estudio

Para la recogida de valores de las diferentes pruebas hemos sido un grupo de 3 personas con 3 trabajos diferentes, un trabajo de final de máster y dos de final de grado. Junto con la ayuda de nuestros tutores y un voluntario hemos ido durante tres mañanas al instituto a tomar todas las medidas.

La muestra del estudio consta de 99 alumnos de 2º y 3º de la E.S.O. del instituto I.E.S. Investigador Blanxart, de la ciudad de Terrassa. La muestra se divide en 51 chicas y 48 chicos con una media de edad de $14 \pm 0,91$ años. Para el cálculo de la edad media hemos escogido el día central de los tres días que hemos ido a tomar las medidas, este día ha sido el 6 de mayo del 2014.

- Compromiso ético y social

Siguiendo los principios éticos de la declaración de Helsinki, para la participación en el estudio, a cada alumno se le ha entregado un Consentimiento informado (Anexo 1) para entregar a los padres y un Cuestionario de síntomas (Anexo 2). Con el cuestionario de síntomas se ha valorado las afectaciones causadas por las anomalías del sistema visual.

4.2 Procedimiento

Primeramente, a cada alumno se le ha realizado un examen optométrico. En el examen se han diferenciado dos partes. La primera parte es del *estado refractivo*, donde se ha valorado la refracción, el uso o no de gafas y la agudeza visual. La segunda parte es de la *visión binocular y acomodación*, donde se han realizado cover test en Visión Lejana (VL) y en Visión Próxima (VP), los seguimientos y sacádicos, la fusión, la estereopsis, el Punto Próximo de Convergencia (PPC), la foria en VP y la Flexibilidad Acomodativa (FA) en VP.

Después de realizar el examen optométrico, los alumnos debían pasar a hacer la Biometría y la Autorefracción. Ambas pruebas se han realizado en un aula adaptada para el uso de los diferentes instrumentos. En dicha aula las luces estaban apagadas y tan sólo entraba un poco de luz solar por las ventanas, que se intentaron cerrar con las persianas para así poder conseguir una mayor midriasis para la toma de medidas periféricas. Para ambas pruebas se han preparado cartulinas con marcas que indicaban los puntos a fijar para poder hacer las medidas periféricas, a una distancia de 3 metros.

Con el Autorefractómetro se ha realizado una medida central de ambos ojos. Después se ha hecho mirar al alumno al primer punto de su derecha, que corresponde a 10° , después al segundo punto de su derecha, que es a 20° y finalmente al tercer punto de su derecha, de 30° . En cada uno de los puntos se ha realizado de nuevo la refracción, teniendo en cuenta que se medía retina temporal para el ojo derecho y retina nasal para el ojo izquierdo. Seguidamente se ha realizado igual con los puntos de su izquierda, valorando retina nasal en ojo derecho y retina temporal en ojo izquierdo. En cada medida, hemos ido anotando los resultados en unas tablas donde indicábamos retina nasal o retina temporal de cada ojo y a los diferentes ángulos que se han medido. Los resultados de todas las medidas se han pasado después a Excel para así poder realizar los cálculos.

Para realizar las medidas con el Biómetro se ha utilizado una cartulina con las marcas a 10° , 20° y 30° . Tan sólo se han realizado las medidas de los ojos derechos de los alumnos. Para conseguir hacer las medidas de retina nasal y temporal se ha utilizado un espejo de primera superficie posicionado a 45° delante del ojo izquierdo, que ha actuado como ojo de fijación y así se han podido hacer las medidas en el ojo derecho. Con la ayuda del espejo se veían los puntos de la pared, situados a 3 metros a la izquierda del alumno. La medida a 30° temporales se han tenido que realizar a 25° , ya que el tamaño del espejo nos ha permitido llegar hasta los 25° .

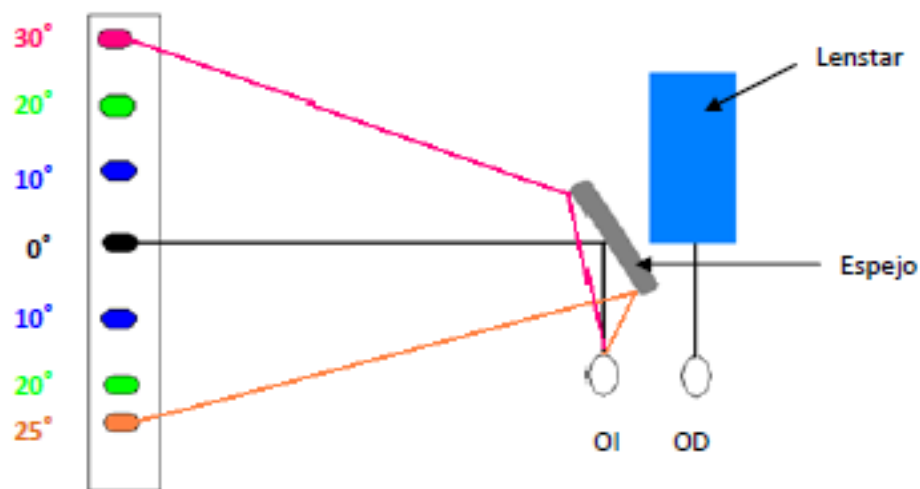


Figura 7. Esquema del procedimiento de la medida de la Biometría periférica.(Bello 2014)

4.3 Instrumentos y medidas

- Instrumentos del examen optométrico

Para la realización del examen optométrico se ha utilizado un *Optotipo* de letras para la medida de la Agudeza visual. Un *Retinoscopio* para valorar el error refractivo. Un *Ocluser* para poder valorar las posibles desviaciones oculares con el Cover Test tanto en visión lejana como Visión próxima. Para la valoración de los movimientos se han utilizado dos varillas en forma de V, más o menos separados para valorar Sacádicos o Seguimientos. La fusión la hemos valorado usando el examen del filtro rojo, con un filtro rojo y una luz puntual. La Estereopsis se ha realizado con el *TNO*, el Punto Próximo de convergencia con un bolígrafo. La foria en VP las hemos medido con *Varillas de Maddox* y la cruz de medida. Y por último la flexibilidad acomodativa con los *Flippers* de ± 2.00 D.

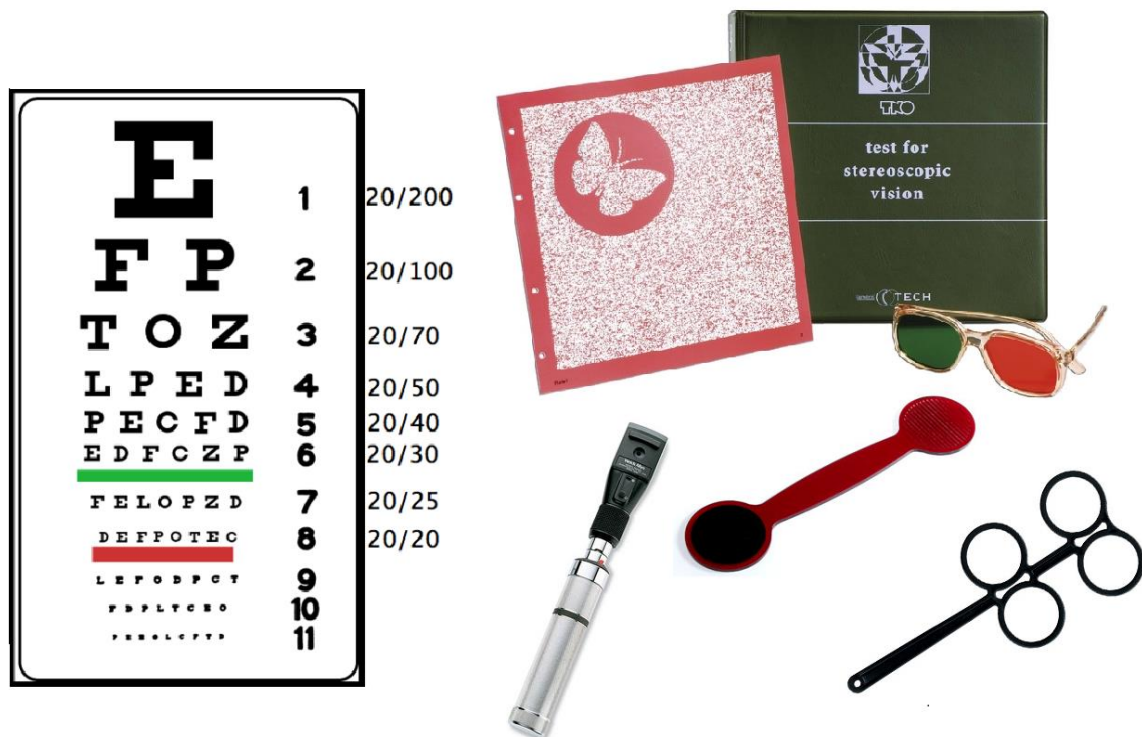


Figura 8. Composición de imágenes a partir de la web.

- Autorefractómetro

Con el autorefractómetro obtenemos un valor rápido y objetivo de la refracción. El modelo utilizado ha sido el *Shin Nippon NVisión K5001*, que es de campo abierto, permitiendo que el paciente fije con los dos ojos un punto externo evitando así la miopía instrumental asociada a los autorefractómetros convencionales.



Figura 9. Shin Nippon NVisión K5001(<http://www.shin-nippon.jp/products/nvk5001/index.html>)

El Shin Nippon permite realizar medidas en pupilas de hasta 2.3 mm, por eso es ideal para hacer medidas de refracción periférica como en nuestro caso. Dicho instrumento utiliza tres arcos de luz infrarroja para calcular los errores refractivos, teniendo en cuenta la distancia entre los arcos. También nos permite realizar medidas en todos los meridianos. (Manual del nvision k5001)

- Biómetro

Hemos utilizado el Biómetro Lenstar LS 900 (Haag-Streit) proporcionado por la empresa W.M. BLOSS. S.A. Dicho instrumento utiliza como principio de medida el OLCR (reflectometría óptica de baja coherencia) y permite obtener con un solo disparo y sin contacto las medidas de 9 estructuras a lo largo del eje visual. El paciente tiene que fijar en un único punto estático y en un momento se obtienen las siguientes medidas (aunque no todas han sido utilizadas para el estudio):

- Paquimetría corneal
- Queratometría

- Diámetro pupilar
- Distancia blanco-blanco
- Profundidad de cámara anterior
- Espesor del cristalino
- Longitud axial
- Espesor de la retina
- Excentricidad del eje visual



Figura 10. Lenstar SL 900 (<http://www.haag-streit.com/products/biometry/lenstar-ls-900r.html>)

En diferentes estudios hechos con el Lenstar, se ha obtenido que las medidas que proporciona son precisas, fiables y con alta repetitividad sin tener en ningún momento contacto con el ojo. (Kołodziejczyk et al., 2011)(El Chehab et al., 2011)(Huang et al., 2012)

El uso del Biómetro nos ha permitido poder valorar la longitud axial para este estudio. El uso principal de las medidas ha sido en referencia al trabajo final de máster de nuestra compañera Berta Rodríguez Bello, CARACTERIZACIÓN TEÓRICA DE UN OJO MIOPE JOVEN SEGÚN LA REFRACCIÓN PERIFÉRICA.

Para la toma de medidas con el Biómetro y con el Autorefractómetro se tuvo en cuenta que los haces de luz incidieran de forma normal a la superficie anterior de la córnea para evitar astigmatismos u aberraciones no existentes.

Capítulo 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Informes

Al realizar el examen optométrico completo se han encontrado cuales eran las habilidades visuales u oculomotoras más afectadas en la muestra. De los 99 pacientes, un 46% de sujetos hemos encontrado que estaban correctamente corregidos y que sus habilidades visuales eran correctas. Del 53% restante las dificultades que hemos podido ver principalmente han sido agudezas visuales dificultosas con corrección o ametropías no corregidas en un 50% de los afectados, problemas de acomodación y/o binocularidad en un 20% cada una de las habilidades y afectaciones en la motilidad ocular en un 10%. Los resultados comentados de los informes se tratarán más ampliamente en el trabajo final de grado de la compañera con la que hicimos todas las pruebas.

Con los resultados de todos los exámenes y teniendo en cuenta el Cuestionario de síntomas de cada alumno se han preparado informes para entregar a los padres, para informar de las capacidades visuales de sus hijos y de las que sería importante revisar por ópticos optometristas para mejorarlas y poder evitar sintomatologías.

5.2 Clasificación

Hemos clasificado la muestra de dos maneras diferentes según nuestros objetivos.

- Primera clasificación

Esta clasificación la hemos hecho según el Equivalente Esférico de la refracción central tomada con el Autorefractómetro en Miopes, Emétropes e Hipermetropes, basándonos en la clasificación de los artículo *Correlation entre la refraction et la biometrie oculaire* de O. Touzeau, C. Allouch, V. Borderie, R. Kopito y L. Laroche(Touzeau et al. 2014)y *Ocular components during the ages of ocular development* de Hassan Hashemi, Ebrahim Jafarzadehpur, Soraya Ghaderi, AbbasaliYekta, Hadi Ostadimoghaddam, Reza Norouzirady Mehdi Khabazkhoob. (Hashemi et al. 2015)

Hemos contado como Miopes cuando el equivalente es un valor menor a (-1D), Hipermetropes cuando el valor es mayor a (+1D) y Emétropes cuando el valor es igual o se encuentra entre (-1D) y (+1D). Hemos tenido que descartar algunos ojos por falta de valores en las medidas más periféricas y por astigmatismos altos.

Con dicha clasificación, obtenemos del total de la muestra 28 ojos Miopes, 6 ojos Hipermetropes y 139 ojos Emétropes.

- Segunda clasificación

Para poder hacer esta clasificación nos centramos en los datos obtenidos con la Biometría, de los cuales tenemos un total de 99 medidas dado que tal sólo hicimos las medidas del ojo derecho de cada alumno. La segunda clasificación la hacemos según la Longitud Axial del ojo y diferenciamos entre ojos Largos, Medianos y Cortos.

	Longitud Axial (mm)	Número de sujetos
Largos	> 24	24
Medianos	23.4 ± 0.8	50
Cortos	< 22.66	23

Tabla 2. Diferencias según la Longitud axial.

Para la división de la muestra hemos hecho una prueba de normalidad y hemos aprovechado para dividir en cuartiles la muestra (Tabla 2). Los resultados de la prueba los podemos observar en la imagen inferior.

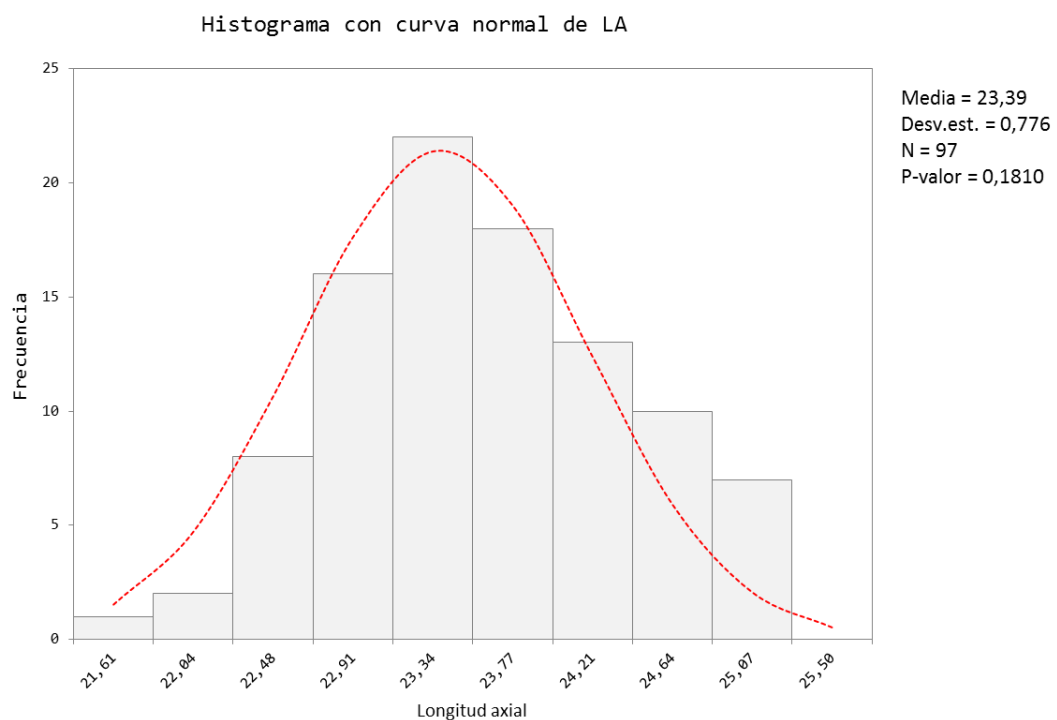


Gráfico 1. Histograma de la prueba de normalidad de longitud axial.

5.3 Refracción Central y Periférica según ametropía

Con los resultados obtenidos de la refracción central y las medidas periféricas hemos realizado un Equivalente Esférico (EE) de OD y OI para poder comparar las medidas entre sí y valorar los resultados de ambos ojos. Al realizar estas comparaciones y teniendo en cuenta que el error refractivo es una variable cuantitativa ha sido necesario hacer un análisis de estadística descriptiva de sus valores. En las Tablas inferiores vemos los cálculos de los valores promedio de EE, la desviación estándar (SD) y máximos (MAX) y mínimos (MIN) de los puntos medidos en ambos ojos. Tomaremos en todo momento los puntos de fijación negativos como retina temporal y los puntos de fijación positivos como retina nasal.

OD (EE)		Retina Temporal			Central	Retina Nasal		
		-30º	-20º	-10º	0º	10º	20º	30º
Miopes	Promedio	-1,40	-2,16	-2,23	-2,54	-2,81	-2,39	-2,16
	SD	1,25	1,12	1,14	1,12	1,28	1,71	1,92
	MAX	1,13	0,00	-0,38	-1,13	-1,25	-0,25	0,00
	MIN	-3,25	-3,75	-4,25	-4,50	-5,50	-6,63	-6,00
Emétropes	Promedio	-0,06	-0,58	-0,12	0,02	-0,11	0,18	-0,16
	SD	1,56	0,89	0,54	0,45	0,58	0,74	1,36
	MAX	2,75	2,00	0,88	1,00	1,38	1,88	2,75
	MIN	-5,00	-2,63	-1,63	-1,00	-1,63	-1,38	-4,13
Hipermetróp-es	Promedio	0,21	0,58	1,33	1,83	1,71	1,71	0,00
	SD	0,79	0,31	0,58	0,75	1,31	1,87	4,63
	MAX	1,13	0,88	2,00	2,63	3,00	3,25	3,50
	MIN	-0,25	0,25	1,00	1,13	0,38	-0,38	-5,25

Tabla 3. Estadística descriptiva de los valores del equivalente esférico de los ojos derecho.

OI (EE)		Retina Temporal			Central	Retina Nasal		
		-30º	-20º	-10º	0º	10º	20º	30º
Miopes	Promedio	-1,43	-2,30	-2,42	-2,64	-2,65	-2,11	-1,50
	SD	1,19	1,17	1,09	1,18	1,43	1,75	1,68
	MAX	0,63	-0,13	-1,00	-1,13	-0,63	0,25	0,63
	MIN	-3,50	-3,88	-4,38	-4,75	-4,88	-5,25	-4,63

Emétropes	Promedio	-0,20	-0,68	-0,21	-0,05	-0,11	0,10	0,11
	SD	1,53	0,87	0,58	0,46	0,68	0,83	1,23
	MAX	2,88	1,13	1,38	1,00	2,25	2,25	3,63
	MIN	-5,00	-2,88	-1,38	-1,00	-2,00	-2,13	-2,75
Hipermétropes	Promedio	0,21	0,08	0,17	1,21	0,96	0,67	0,29
	SD	0,73	0,69	0,07	0,07	0,26	0,47	0,26
	MAX	0,75	0,75	0,25	1,25	1,25	1,00	0,50
	MIN	-0,63	-0,63	0,13	1,13	0,75	0,13	0,00

Tabla 4. Estadística descriptiva de los valores del equivalente esférico de los ojos izquierdos.

- Refracción Central y Periférica Relativa

Gracias a la refracción relativa obtenemos los valores de las medidas como si el sujeto estuviera neutralizado fovealmente. Este cálculo consiste en restar la refracción central en todos los puntos medidos, consiguiendo un valor igual a 0 en el centro. De modo que podemos asegurar que los resultados periféricos mayores a 0 son debidos a una hipermetropía periférica relativa y que los valores inferiores a 0 son por una miopía periférica relativa.

Calculando la estadística descriptiva del Equivalente Esférico Relativo (EER) de ambos ojos obtenemos las siguientes tablas:

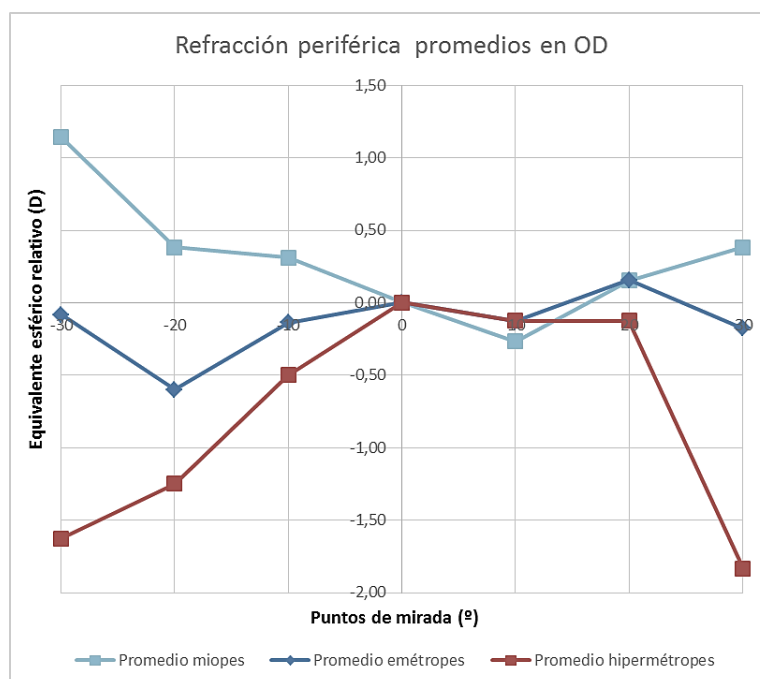
OD (EER)		Retina Temporal			Central	Retina Nasal		
		-30º	-20º	-10º	0º	10º	20º	30º
Miopes	Promedio	1,14	0,38	0,31	0,00	-0,27	0,15	0,38
	SD	0,94	0,69	0,45	0,00	0,52	0,99	1,47
	MAX	2,25	1,88	1,38	0,00	0,38	1,13	3,25
	MIN	-0,38	-0,50	-0,25	0,00	-1,38	-2,50	-1,88
Emétropes	Promedio	-0,08	-0,60	-0,14	0,00	-0,13	0,16	-0,18
	SD	1,52	0,88	0,35	0,00	0,45	0,68	1,39
	MAX	3,00	2,00	0,50	0,00	1,25	2,13	3,00
	MIN	-4,75	-2,25	-1,25	0,00	-1,13	-2,00	-3,63

Hipermétropes	Promedio	-1,63	-1,25	-0,50	0,00	-0,13	-0,13	-1,83
	SD	0,33	0,90	0,33	0,00	0,57	1,19	3,96
	MAX	-1,38	-0,25	-0,13	0,00	0,38	0,63	0,88
	MIN	-2,00	-2,00	-0,75	0,00	-0,75	-1,50	-6,38

Tabla 5. Estadística descriptiva del equivalente esférico relativo de los ojos derechos.

OI (EER)		Retina Temporal			Central	Retina Nasal		
		-30°	-20°	-10°	0°	10°	20°	30°
Miopes	Promedio	1,21	0,34	0,22	0,00	-0,01	0,54	1,14
	SD	1,63	1,20	0,76	0,00	0,89	1,40	1,41
	MAX	4,88	4,13	2,75	0,00	2,00	4,50	4,88
	MIN	-2,25	-0,75	-0,25	0,00	-1,75	-1,63	-1,00
Emétropes	Promedio	-0,14	-0,62	-0,16	0,00	-0,06	0,16	0,17
	SD	1,56	0,84	0,44	0,00	0,54	0,71	1,19
	MAX	2,50	1,13	1,00	0,00	1,25	1,50	3,00
	MIN	-5,25	-2,63	-1,00	0,00	-1,63	-2,13	-2,75
Hipermétropes	Promedio	-1,00	-1,13	-1,04	0,00	-0,25	-0,54	-0,92
	SD	0,76	0,70	0,07	0,00	0,33	0,40	0,31
	MAX	-0,50	-0,50	-1,00	0,00	0,13	-0,25	-0,63
	MIN	-1,88	-1,88	-1,13	0,00	-0,50	-1,00	-1,25

Tabla 6. Estadística descriptiva del equivalente esférico relativo de los ojos izquierdos.



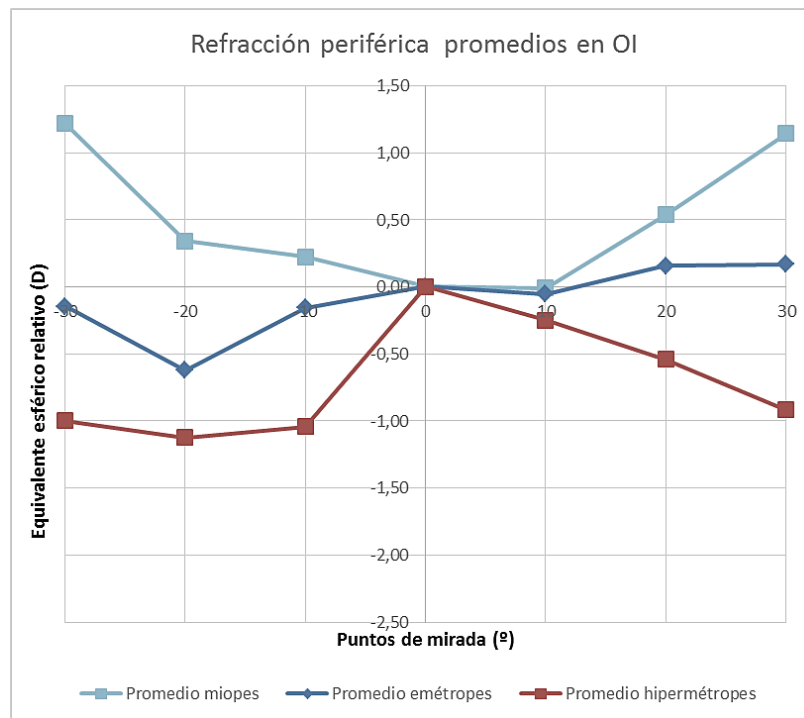
Gráfica 2. Equivalente periférico relativo según ametropías en OD.

En la gráfica podemos observar que a medida que nos alejamos del centro la refracción periférica relativa varía según la ametropía. En el promedio de los ojos derechos miopes observamos una refracción periférica positiva, mayor en el lado temporal que en el lado nasal; incluso en el lado nasal obtenemos que para el valor de 10° la refracción periférica es un poco negativo comparando con el valor central. En el promedio de los ojos derechos hipermétropes obtenemos una refracción periférica negativa en comparación con la central, mayor en el lado temporal que en el nasal. Y por último, obtenemos que el valor de la refracción periférica en los emétropes es casi neutra en los diferentes valores, dando diferencias de menos de un cuarto de dioptría negativa a positiva en algunos puntos y media dioptría negativa en el caso de -20°.

Miopes vs emétropes						
-30	-20	-10	0	10	20	30
0.0033	0.0002	0.0009		0.7648	0.5026	0.1867

Tabla 5.1 Valor P en cada punto de fijación valorando las diferencias de refracción entre miopes y emétropes en OD.

Tras realizar la valoración estadística con la prueba de Mann Whitney tan sólo se encuentran diferencias estadísticamente significativas en el lado temporal entre los miopes y los emétropes. Las comparaciones estadísticas con los ojos hipermétropes no se han realizado porque tan sólo hay 3 pacientes en la muestra.



Gráfica 3. Equivalente periférico relativo según ametropías en OI.

Al igual que en la gráfica del promedio de los ojos derechos, con los izquierdos también observamos que la refracción periférica relativa varía según ametropía. En los ojos miopes obtenemos una refracción periférica positiva. En los ojos hipermétropes la refracción periférica es negativa, mayor en el lado temporal que en el nasal. Y con los ojos emétopes tenemos una refracción periférica relativamente neutra, dando diferencias de menos de un cuarto de dioptría positiva o negativa en algunos puntos y media dioptría negativa en el caso de -20°.

Miopes vs emétopes						
-30	-20	-10	0	10	20	30
0.0058	0.0023	0.012		0.7133	0.406	0.165

Tabla 6.1 Valor P en cada punto de fijación valorando las diferencias de refracción entre miopes y emétopes en OI.

Tras realizar la valoración estadística con la prueba de Mann Whitney tan sólo se encuentran diferencias estadísticamente significativas en el lado temporal entre los miopes y los emétopes. Las comparaciones estadísticas con los ojos hipermétropes no se han realizado porque tan sólo hay 3 pacientes en la muestra.

- Refracción según el sexo

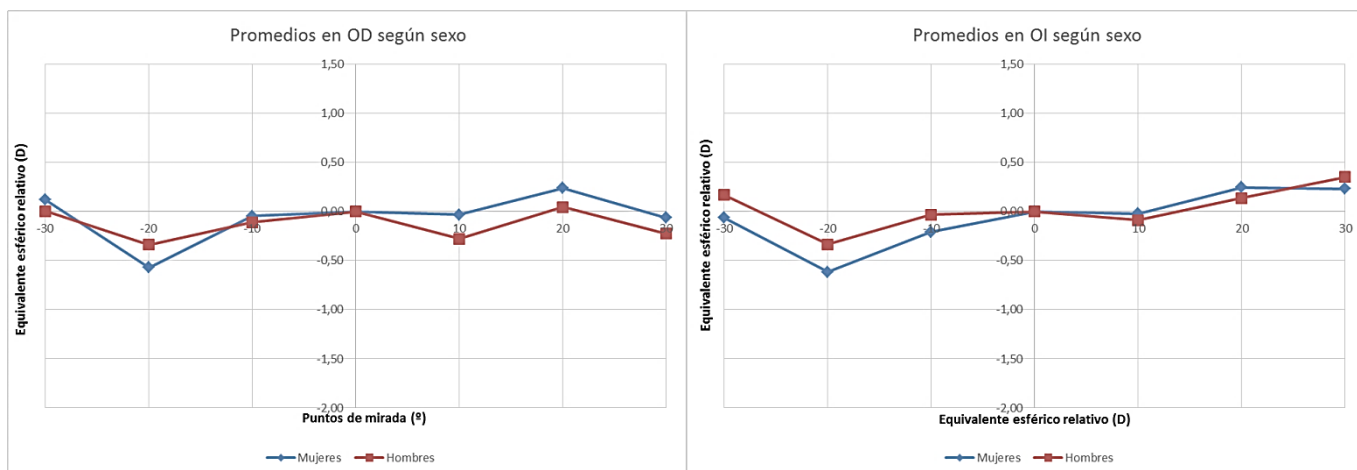
En este caso hemos valorado la refracción periférica relativa de los ojos derechos y los ojos izquierdos según el sexo de los sujetos, diferenciando entre mujeres y hombres. En las tablas inferiores mostraremos dichos resultados y también valoraremos obteniendo gráficas comparativas de los mismos.

OD (EER)		Retina Temporal			Central	Retina Nasal		
		30º	20º	10º	0º	10º	20º	30º
Mujeres	Promedio	0,12	-0,57	-0,05	0,00	-0,03	0,24	-0,07
	SD	1,27	0,89	0,43	0,00	0,50	0,74	1,28
	MAX	3,00	1,38	1,38	0,00	1,25	2,13	3,00
	MIN	-2,00	-2,25	-1,25	0,00	-1,38	-2,50	-3,63
Hombres	Promedio	0,00	-0,34	-0,11	0,00	-0,28	0,04	-0,23
	SD	1,76	0,98	0,38	0,00	0,40	0,75	1,81
	MAX	2,25	2,00	1,00	0,00	0,63	1,50	3,25
	MIN	-4,75	-2,13	-0,88	0,00	-1,13	-2,00	-6,38

Tabla 7. Estadística descriptiva según sexo de OD.

OI (EER)		Retina Temporal			Central	Retina Nasal		
		30º	20º	10º	0º	10º	20º	30º
Mujeres	Promedio	-0,07	-0,62	-0,21	0,00	-0,02	0,24	0,23
	SD	1,55	0,93	0,46	0,00	0,50	0,76	1,13
	MAX	2,38	1,13	0,88	0,00	0,63	1,75	2,63
	MIN	-5,25	-2,63	-1,13	0,00	-1,63	-1,50	-2,63
Hombres	Promedio	0,17	-0,34	-0,03	0,00	-0,09	0,14	0,35
	SD	1,73	1,00	0,61	0,00	0,70	0,97	1,43
	MAX	4,88	4,13	2,75	0,00	2,00	4,50	4,88
	MIN	-3,25	-2,13	-1,00	0,00	-1,75	-2,13	-2,75

Tabla 8. Estadística descriptiva según sexo de OI.



Gráficas 4 y 5. Promedios de OD y OI según el sexo.

Valorando las gráficas obtenemos que en ambos ojos las formas son similares pero con graduaciones algo diferentes, de hasta 0.25D o menos. En los ojos derechos encontramos que los hombres tienen refracción periférica relativa un poco más negativa que las mujeres, exceptuando en el valor de 20° en la retina temporal. En los ojos izquierdos obtenemos una refracción periférica relativa en hombres más positiva en retina temporal y más negativa en retina nasal que las mujeres. En este caso encontramos tanto ojos miopes como hipermetropes de ambos sexos.

Mujeres vs Hombres (OD)						
-30	-20	-10	0	10	20	30
0.7391	0.2641	0.4485		0.0070	0.2438	0.6311

Tabla 7.1 Valor P en cada punto de fijación valorando las diferencias de refracción entre hombres y mujeres en OD.

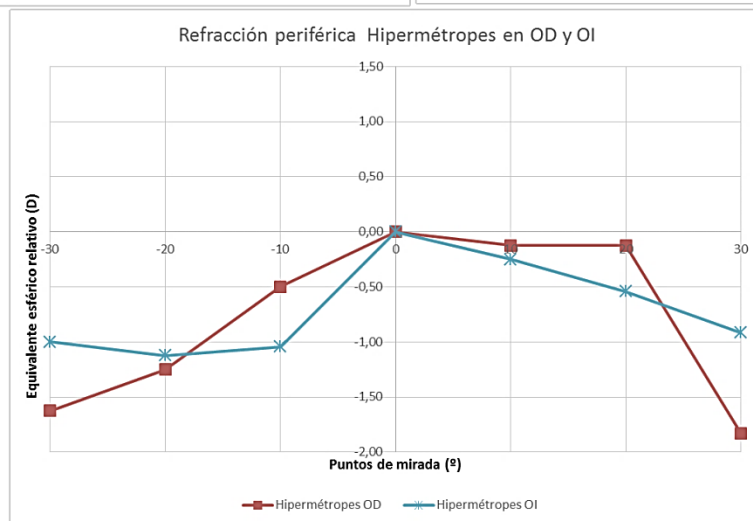
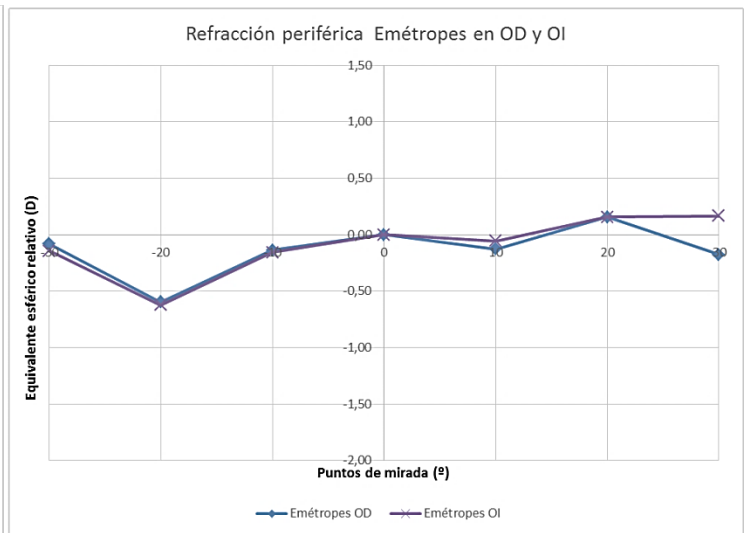
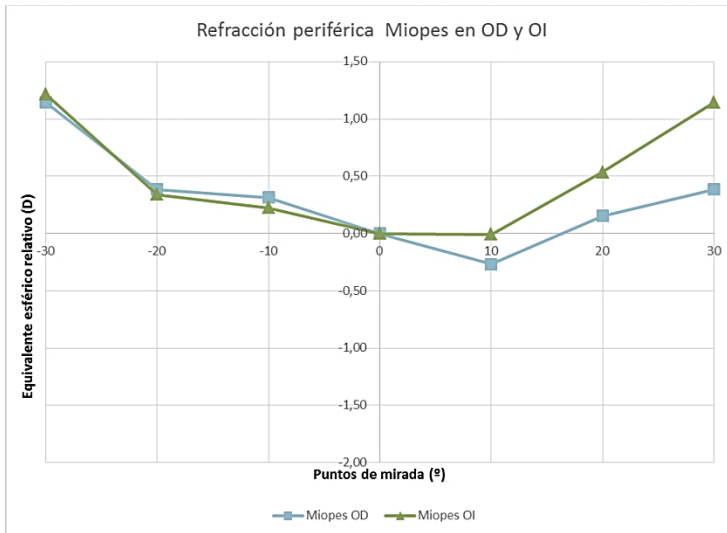
Mujeres vs Hombres (OI)						
-30	-20	-10	0	10	20	30
0.4413	0.3109	0.2897		0.4631	0.2295	0.8614

Tabla 8.1 Valor P en cada punto de fijación valorando las diferencias de refracción entre hombres y mujeres en OI.

Tras realizar la valoración estadística con la prueba de Mann Whitney tan sólo se encuentran diferencias estadísticamente significativas en el valor de 10 del lado nasal del OD, por lo que no se consideran valores diferentes.

- Correlación ojo derecho con ojo izquierdo

En las siguientes gráficas comparamos los resultados obtenidos según la ametropía en ojos derechos con los ojos izquierdos, para ambos ojos obtenemos valores muy parecidos exceptuando en los hipermétropes debido a que tan sólo tenemos 3 pacientes y el promedio nos da más dispar.



Gráficas 6, 7 y 8. Comparación del equivalente esférico relativo de ojo derecho y ojo izquierdo según ametropía.

Miopes OD vs OI						
-30	-20	-10	0	10	20	30
0.348	0.865	0.599		0.110	0.414	0.140

Tabla 8.2 Valor P en cada punto de fijación valorando las diferencias de refracción en miopes OD vs. OI.

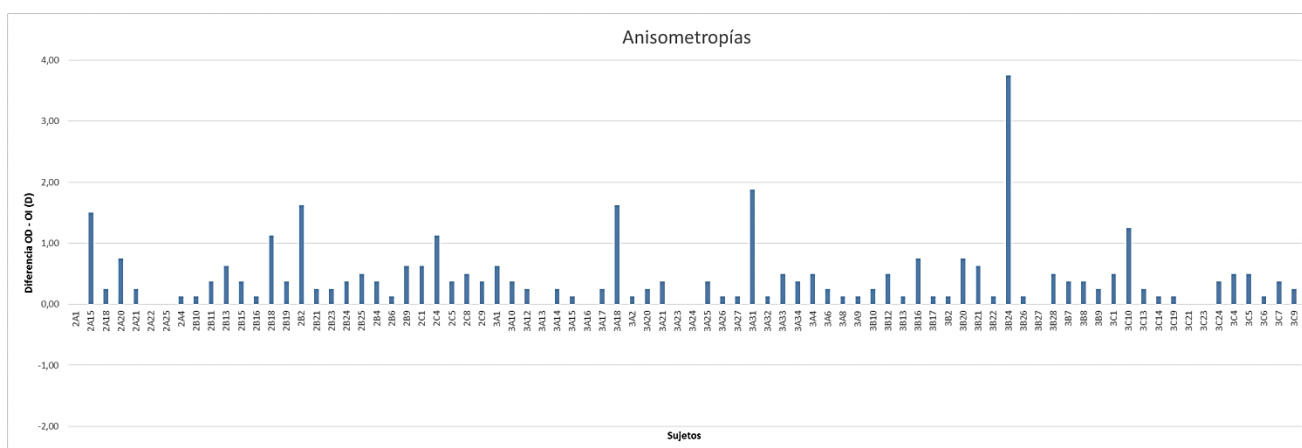
Emétropes OD vs OI						
-30	-20	-10	0	10	20	30
0.716	0.794	0.399		0.156	0.921	0.253

Tabla 8.3 Valor P en cada punto de fijación valorando las diferencias de refracción en emétropes OD vs. OI.

Tras realizar la valoración estadística con la prueba de Wilcoxon no se encuentran diferencias estadísticamente significativas en las comparaciones OD vs OI según la refracción, por lo que no se consideran valores diferentes.

- Anisometropías

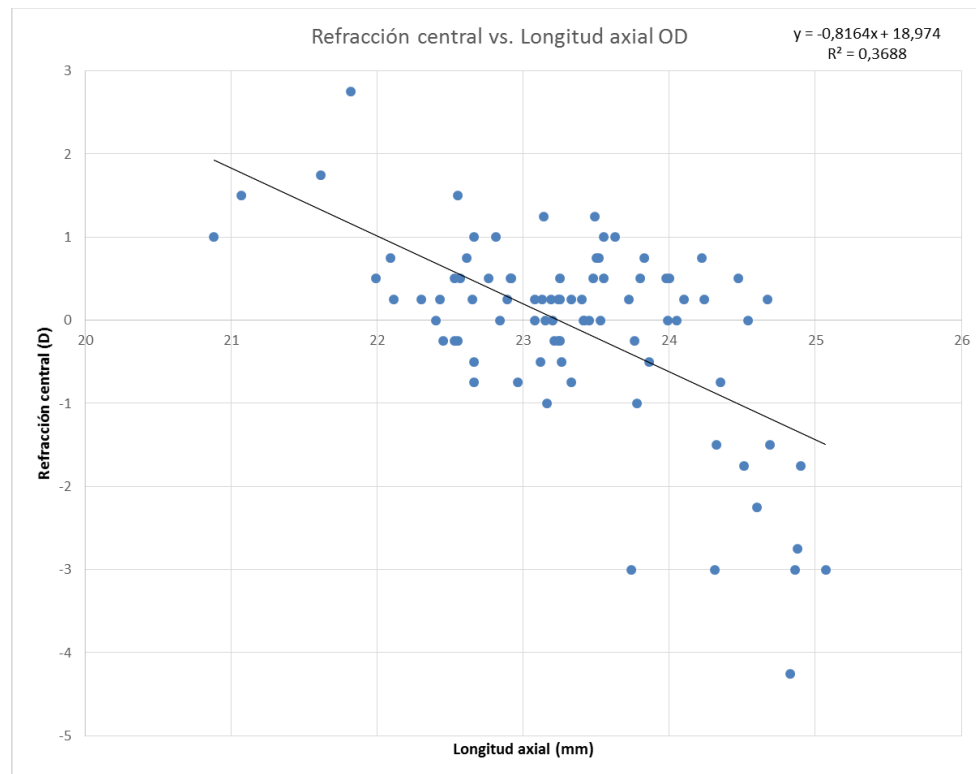
Comparando ambos ojos también hemos calculado y representado en las parejas de ojos de un mismo sujeto las posibles anisometropías. Haciendo la estadística descriptiva de los valores hemos encontrado un promedio de $0,43 \pm 0,54D$ con un máximo de $3,75D$ y un mínimo de $0,00D$. En la siguiente gráfica podemos ver las diferencias de graduación restando OD menos OI en valor absoluto, el resultado nos debería dar igual a cero en el caso de que no haya anisometropía.



Gráfica 9. Valores de anisometropía, OD – OI.

5.4 Biometría

- Relación de la Refracción Central con la Longitud Axial



Gráfica 10. Relación Refracción central vs. Longitud axial.

En las gráfica anterior podemos valorar la relación que existe entre la Refracción central y la Longitud axial para comprobar si los ojos miopes son más alargados y los hipermétropes son más cortos y así verificar si se corresponde la ametropía con la longitud axial. Nuestros resultados nos muestran que la relación existe tan sólo en un 37% ($R^2 = 0.3688$) de la muestra. Relacionando este resultado con la prueba de normalidad de la segunda clasificación de la muestra podemos observar que no todos los ojos largos son miopes ni todos los ojos cortos son hipermétropes.

- Estudio de las medidas oculométricas según refracción

Las medidas obtenidas de los ojos derechos de la muestra se resumen en Longitud Axial (LA), Grosor del Centro de la Córnea (GCC) o paquimetría, Profundidad de la Cámara Anterior (PCA), Grosor de la Lente (GL), Radio del Meridiano Plano (RMP), Radio del Meridiano Curvado (RMC), Radio de curvatura Corneal (RC) (es el promedio de RMP y RMC) y Diámetro Corneal (DC). Todas las medidas anteriores tomadas en los 99 ojos derechos se resumen en su estadística descriptiva (promedio, desviación estándar, máximo y mínimo) en la siguiente Tabla 9, mostrándolos divididos según la ametropía encontrada y los valores estadísticos de la refracción.

	Refracción	Medidas del Biómetro							
	EE (D)	LA (mm)	GCC (μm)	PCA (mm)	GL (mm)	RMP (mm)	RMC (mm)	RC (mm)	DC (mm)
Miopes N = 15	-2,62 ± 1,11 -1.13 -4.50	24,25 ± 0,74 25,07 22,66	555,87 ± 24,64 592 498	3,86 ± 0,20 4,18 3,45	3,40 ± 0,15 3,66 3,15	7,73 ± 0,25 8,22 7,18	7,52 ± 0,29 8,10 6,99	7,62 ± 0,27 8,16 7,09	11,97 ± 0,65 12,90 10,18
Emétropes N = 81	0,03 ± 0,43 1,00 -1,00	23,24 ± 0,69 24,67 20,88	534,59 ± 36,91 615 456	3,63 ± 0,26 4,40 3,03	3,47 ± 0,19 3,92 2,99	7,85 ± 0,27 8,45 7,28	7,72 ± 0,26 8,44 7,18	7,78 ± 0,26 8,45 7,23	12,14 ± 0,44 13,27 11,10
Hipermétropes N = 3	1,83 ± 0,75 2,63 1,13	21,50 ± 0,39 21,82 21,07	532,67 ± 24,42 560 513	3,53 ± 0,06 3,58 3,47	3,59 ± 0,19 3,81 3,45	7,38 ± 0,42 7,78 6,95	7,24 ± 0,38 7,60 6,84	7,31 ± 0,40 7,69 6,90	11,51 ± 0,90 12,19 10,49
Muestra total N = 99	-0,32 ± 1,18 2,63 -4,50	23,34 ± 0,84 25,07 20,88	537,76 ± 35,64 615 456	3,67 ± 0,26 4,40 3,03	3,46 ± 0,18 3,92 2,99	7,82 ± 0,28 8,45 6,95	7,67 ± 0,29 8,44 6,84	7,75 ± 0,28 8,45 6,90	12,09 ± 0,50 13,27 10,18
P valor	<0,010	>0,150	>0,150	>0,150	>0,150	>0,150	>0,150	>0,150	0,046

Tabla 9. Estadística descriptiva de los valores biométricos según la refracción. P-valor de la prueba de normalidad de los valores de la muestra total.

En la tabla podemos observar que para los miopes la LA, GCC y PCA tienen medidas mayores que los emétropes y los hipermetropes. Los emétropes tienen mayor RC y DC. Y los hipermetropes tienen un mayor GL. Estos resultados son iguales que en el artículo (Touzeau et al. 2014) excepto en el DC y el GCC. Ellos obtienen que el mayor DC lo tienen los miopes y que el GCC lo tienen los hipermetropes.

- Estudio de las medidas oculométricas según sexo

	Medidas del Biómetro							
	LA (mm)	GCC (μ m)	PCA (mm)	GL (mm)	RMP (mm)	RMC (mm)	RC (mm)	DC (mm)
Mujeres	23,17 \pm 0,83	544,16 \pm 36,11	3,08 \pm 0,28	3,47 \pm 0,21	7,77 \pm 0,27	7,61 \pm 0,27	7,69 \pm 0,27	12,02 \pm 0,50
	24,90 20,88	615 428	3,89 2,59	3,92 2,99	8,38 7,18	8,10 6,99	8,24 7,09	13,14 10,18
Hombres	23,53 \pm 0,83	531,35 \pm 34,65	3,18 \pm 0,24	3,45 \pm 0,17	7,86 \pm 0,29	7,73 \pm 0,29	7,80 \pm 0,28	12,18 \pm 0,49
	25,07 21,07	600 456	3,76 2,57	3,81 3,10	8,45 6,95	8,44 6,84	8,45 6,90	13,27 10,49

Tabla 10. Estadística descriptiva de los valores biométricos según el sexo.

Mujeres vs. Hombres					
GCC	PCA	GL	LA	DC	RC
0.076	0.047	0.757	0.033	0.109	0.059

Tabla 10.1 P valor de las medidas biométricas comparando mujeres y hombres.

Tras realizar la valoración estadística con la prueba de T-student se encuentran diferencias estadísticamente significativas en Cámara anterior y en longitud axial. Estos resultados coinciden con el estudio (Hashemi et al. 2015)

Comparando los valores obtenidos según el sexo de los sujetos encontramos que la longitud axial y la profundidad de cámara anterior son los valores más grandes en los hombres que en las mujeres.

5.5 Análisis estadístico

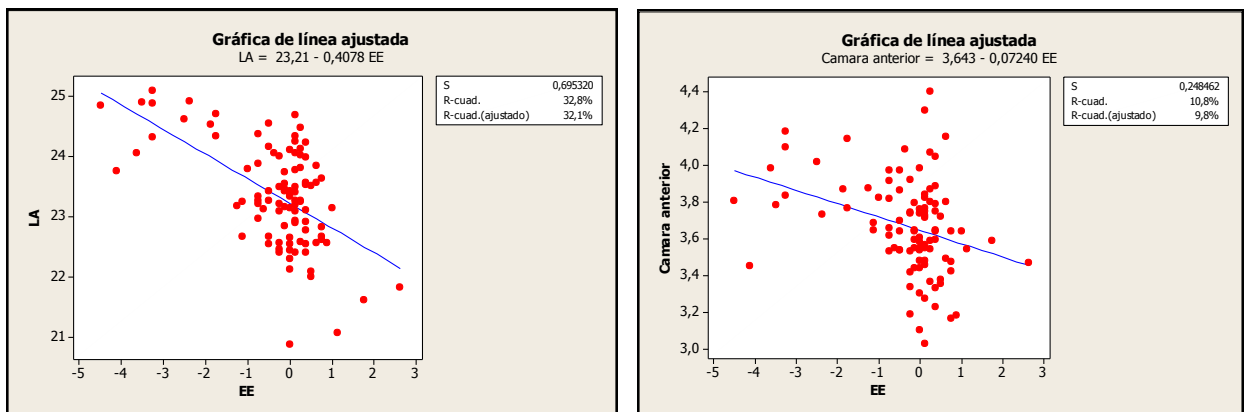
Los métodos estadísticos utilizados para valorar las correlaciones y los valores de normalidad de las diferentes medidas obtenidas tanto con el autorefractómetro como el biómetro se han hecho con el programa estadístico Minitab. El test usado para la Prueba de normalidad ha sido Kolmogorov. Para estudiar la correlación de los mismos hemos usado el Test de Pearson. Y para el Análisis de regresión hemos hecho la Gráfica de línea ajustada con un intervalo de confianza del 95%.

Los resultados obtenidos de la prueba de normalidad han sido que todos los parámetros son normales exceptuando el equivalente esférico y el diámetro corneal, que no son normales. El equivalente esférico ya era de esperar que no fuera un resultado normal, en otros artículos y estudios tampoco da una respuesta de normalidad, ya que la población en general no se divide en el mismo número de pacientes miopes, hipermétropes y emétropes. En el caso del diámetro corneal tenemos un P-valor = 0.046, casi dentro de la normalidad como era de esperar.

- **Correlación del Equivalente esférico (EE) con las medidas biométricas**

Parámetros	R	P valor
Longitud axial	-0.573	0.000
Cámara anterior	-0.328	0.001
Paquimetría	-0.192	0.057
Cristalino	0.189	0.079
Radio curvatura corneal	0.151	0.136
Diámetro corneal	0.103	0.312

Tabla 11. Estadística del EE con otros parámetros.



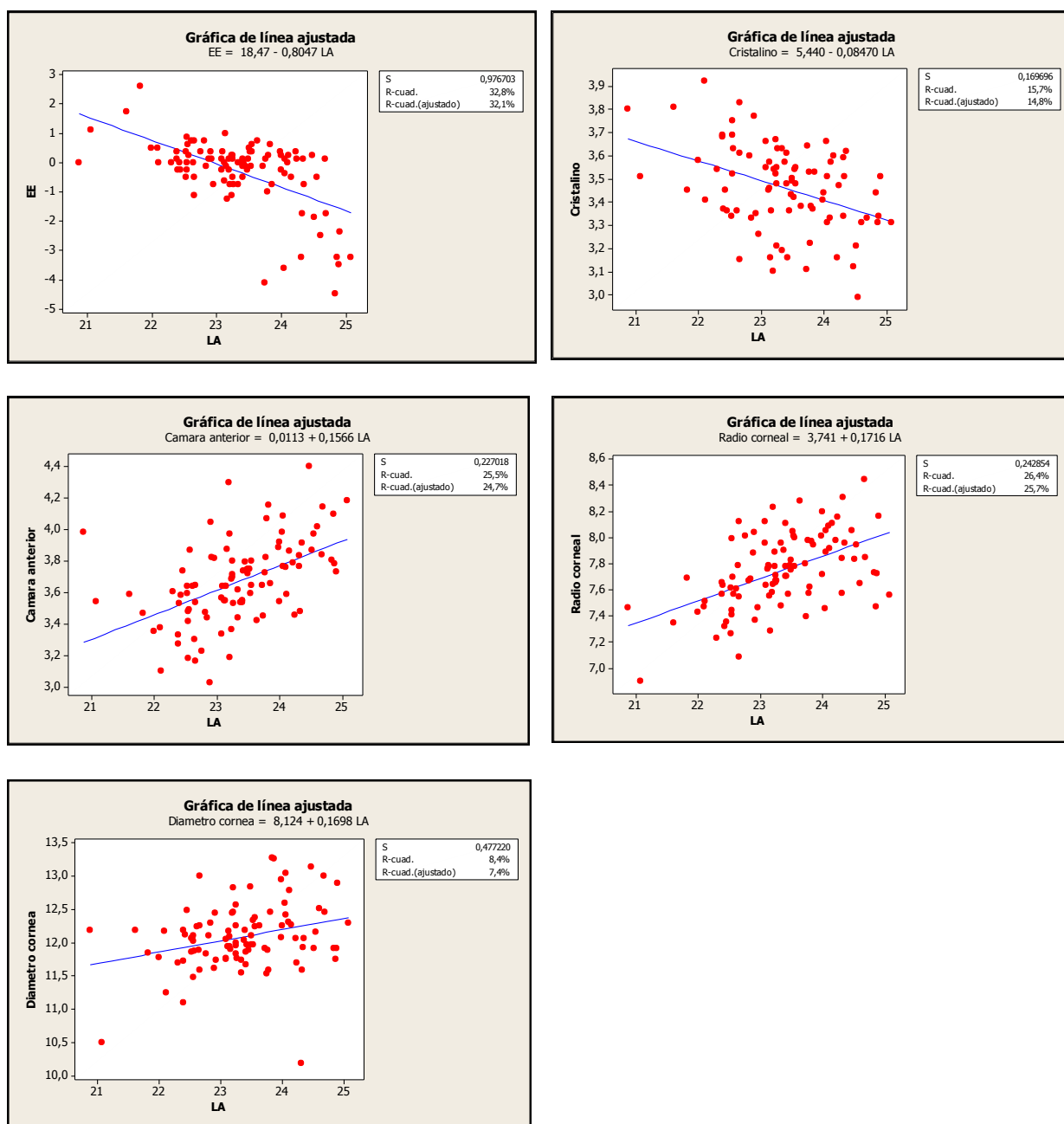
Gráficas 11 y 12. Valores correlacionados con el equivalente esférico.

Tanto la longitud axial como la profundidad de la cámara anterior son los dos parámetros que presenta correlación con el equivalente esférico. La relación con LA es $R^2 = 32.1\%$ y con la PCA de $R^2 = 9.8\%$, ambos valores del tanto por ciento indican la proporción de casos que presentan relación por lo que las relaciones son pequeñas. Estas correlaciones coinciden con las encontradas en el estudio (Touzeau et al. 2014).

- **Correlación de la Longitud axial (LA) con las medidas biométricas**

Parámetros	R	P valor
Equivalente esférico	-0.573	0.000
Cristalino	-0.397	0.000
Cámara anterior	0.505	0.000
Radio curvatura corneal	0.514	0.000
Diámetro corneal	0.290	0.004
Paquimetría	0.118	0.249

Tabla 12. Estadística de la LA con otros parámetros.



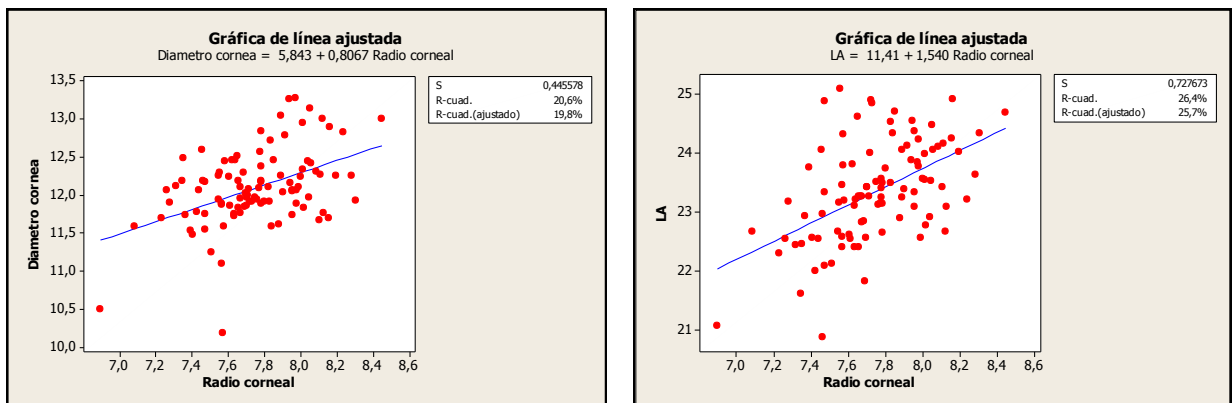
Gráficas 13, 14, 15, 16 y 17. Valores correlacionados con la longitud axial.

En las correlaciones con la longitud axial obtenemos que todos los parámetros tienen correlación, excepto la Paquimetría. También coinciden los resultados con los del artículo (Touzeau et al. 2014) excepto con el grosor del cristalino, ya que ellos han medido los radios de la cara anterior y posterior del cristalino en lugar del grosor. En estos casos también tenemos unos valores de relación bajos, ya que los R^2 son: 32.1% con EE, 14.8% con GL, 24.7% con PCA, 25.7% con RC y 7.4 con DC.

- **Correlación del Radio de curvatura corneal (RC) con las medidas biométricas**

Parámetros	R	P valor
Diámetro corneal	0.454	0.000
Longitud axial	0.514	0.000
Equivalente esférico	0.151	0.136
Cámara anterior	-0.051	0.619
Cristalino	0.053	0.626
Paquimetría	0.034	0.737

Tabla 13. Estadística del RC con otros parámetros.



Gráficas 18 y 19. Valores correlacionados con el radio de curvatura corneal.

Los parámetros que nos salen que tienen correlación con el radio de curvatura corneal son el diámetro corneal y la longitud axial. En el caso del artículo (Touzeau et al. 2014) coinciden con nuestros valores pero también encuentran una correlación del radio curvatura corneal con la cámara anterior y nosotros no. Los valores de R^2 son 19.8% con el DC y 25.7% con la LA.

Capítulo 6. CONCLUSIONES

En relación a nuestro objetivo global de analizar la relación que existe entre la refracción periférica y la biometría podemos concluir que la mayor relación que existe es con la longitud axial, ya que esta está relacionada con la gran mayoría de parámetros oculares. Dicha relación con la longitud axial ya se había demostrado anteriormente en diferentes estudios como *Correlation entre la refraction et la biometrie oculaire* y *Ocular components during the ages of ocular development*.

Refracción central vs. Longitud axial

En la comparación entre la refracción central y la longitud axial de los sujetos hemos podido comprobar que en un 37% de la muestra existe la relación de la longitud axial con la graduación. Por lo tanto podemos concluir que no todos los ojos largos son miopes ni todos los ojos cortos son hipermétropes. Y que también podemos encontrar ojos emétropes largos o cortos. Las conclusiones nos indican que no sólo es la longitud axial la que influye en la refracción, sino que influyen otros parámetros.

Medidas oculométricas

Las medidas oculométricas que hemos valorado son el radio de curvatura, grosor y diámetro de la córnea, la profundidad de la cámara anterior, el grosor de la lente y la longitud axial. Todas ellas las hemos correlacionado con el equivalente esférico, la longitud axial y el radio curvatura corneal.

Podemos ver que la medida correlacionada con la mayoría de parámetros es la longitud axial, jugando un papel importante tanto en la forma del globo ocular como en la relación de los parámetros entre sí.

Relación refracción periférica y central

La forma del plano imagen sobre la retina se ha valorado en diferentes estudios (Schmid 2003)(Mutti DO 2000)(Atchinson, Pritchard, et al 2005) y se ha encontrado que en los ojos emétropes el plano se corresponde con la retina. En los ojos miopes neutralizados el plano tan sólo coincide en la zona central con la retina y en las zonas más periféricas el plano focaliza por detrás de la retina causando una refracción hipermetrope en la periferia. Y por

último, en los ojos hipermétropes neutralizados el plano imagen coincide en el centro de la retina pero en la periferia focaliza por delante de ella, dando una refracción miope en la periferia.

Con nuestra muestra de sujetos hemos corroborado los estudios ya hechos anteriormente, coincidiendo los resultados con una hipermetropía periférica en ojos miopes y una miopía periférica en ojos hipermétropes. En el caso del plano imagen de los ojos emétropes concluimos que es casi neutro en todos los puntos medidos.

Capítulo 7. BIBLIOGRAFIA

- Atchison, D.A., Pritchard, N. & Schmid, K.L., 2006. Peripheral refraction along the horizontal and vertical visual fields in myopia. *Vision Research*, 46(8-9), pp.1450–1458.
- Atchison DA, White SD, Griffiths AM, Pritchard N. *Influence of age on peripheral refraction*. *Vision Res* 2005a; 45:715-20.
- Bello, B.R., 2014. Caracterización teórica de un ojo miope joven según la refracción periférica Berta Rodríguez Bello.
- El Chehab, H., Giraud, J.M., Le Corre, A., Chave, N., Durand, F., Kuter, S., Ract-Madoux, G., Swalduz, B., Mourgues, G., Dot, C. (2011). *Comparison between Lenstar LS 900 Non-Contact Biometry and OcuScan RXP Contact Biometry for Task Delegation*. *Journal Français D'ophtalmologie* 34 (3) (March): 175–80.
- Le Grand, Y., 1991. *Óptica fisiológica*, Madrid : Asociación de Amigos de las Escuelas de Óptica. Available at: http://cataleg.upc.edu/record=b1118040~S1*cat [Accessed October 15, 2014].
- Hashemi, H. et al., 2015. Ocular components during the ages of ocular development. *Acta Ophthalmologica*, 93(1), pp.e74–e81. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/aos.12498>.
- Hoogerheide J, Rempt F, Hoogenboom WP. *Acquired myopia in young pilots*. *Ophthalmologica* 1971; 163:209-15.
- Huang, Jin-hai, Xin Yang, Qin-mei Wang, Shi-ming Cheng, and Jie Chen.(2012). *Comparison of Lenstar and IOLMaster for Intraocular Lens Power Calculation*. *Chinese Journal of Ophthalmology* 48 (11) (November): 1005–10.
- Kołodziejczyk, W., Gałęcki, T., Łazicka-Gałęcka, M., Szaflik, J. (2011). *Comparison of the Biometric Measurements Obtained Using Noncontact Optical Biometers LenStar LS 900 and IOL Master V.5*. *KlinikaOczna* 113 (1-3) (January): 47–51.
- Mutti, D.O. et al., 2007. Refractive error, axial length, and relative peripheral refractive error before and after the onset of myopia. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 48(6), pp.2510–2519.
- Mutti, D.O. et al., 2000. *Age related decreases in the prevalence of myopia: longitudinal change or cohort effect?* *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000; 41:2103-7.
- Romero Mora, J., García García, J.A. & García Beltrán, A., 1996. *Curso introductorio a la óptica fisiológica*, Granada : Comares. Available at: http://cataleg.upc.edu/record=b1114607~S1*cat [Accessed March 20, 2015].

- Seidemann A, Schaeffel F, Guirao A, et al. 2002. *Peripheral refractive errors in myopic, emmetropic, and hyperopic young subjects*. J Opt Soc Am 2002; 19:2363-73
- Schmid, GF. *Variability of retinal steepness at the posterior pole in children 7-15 years of age*. CurrentEyeResearch 2003; 27: 61-8.
- Smith, E.L. et al., 2005. Peripheral vision can influence eye growth and refractive development in infant monkeys. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 46(11), pp.3965–3972.
- Touzeau, O. et al., 2014. Corrélation entre la réfraction et la biométrie oculaire. *J. Fr. Ophtalmol.*, 26(4), pp.355–363.
- Urtubia Vicario, C., 1999. *Neurobiología de la visión*, Barcelona : Edicions UPC. Available at: http://cataleg.upc.edu/record=b1320473~S1*cat [Accessed May 6, 2015].
- Vila i Vidal, N. (2011). *Refracció periférica : Relació Amb El Desenvolupament De La Miopia*. Núria Vila i Vidal
- Viqueira Pérez, V., Martínez Verdú, F.M. & Fez Saiz, D., 2003. *Óptica fisiológica : modelo paraxial y compensación óptica del ojo*, San Vicente del Raspeig : Publicaciones de la Universidad de Alicante. Available at: http://cataleg.upc.edu/record=b1272677~S1*cat [Accessed March 20, 2015].

ANEXO 1



Terrassa, 22 d'abril de 2014

Benvolgudes famílies,

La Facultat d'Òptica i Optometria de la UPC està duent a terme un estudi per detectar problemes de salut visual, conèixer el grau de desenvolupament de la miopia i poder aplicar un programa preventiu que ajudi a frenar els factors desencadenants.

Aquesta entitat ha demanat la nostra col·laboració per estudiar un grup d'alumnes, ja que la majoria de la informació que reben els nois i noies a l'escola és través del sistema visual, i, donat que la miopia és un important problema de salut en la actualitat ens ha semblat prou interessant la proposta.

Els controls visuals es realitzaran en les instal·lacions de l'institut en els dies i hores indicats, **són totalment gratuïts** i aniran acompanyats d'un **informe complet** per a les famílies.

Esperant que en traieu profit, us donem les gràcies per la vostra col·laboració.

DIA	HORA
5,6,7 de maig	matí

Atentament,

Director Pedagògic ESO

Carta de consentiment

Jo, com a
pare/mare o tutor de, amb
DNI, dono el meu consentiment a que es faci un control visual al
meu fill/filla

Aquests controls visuals a les escoles formen part d'un projecte que té per objectiu la prevenció de la miopia escolar a les aules. En tot cas, segons el que estableix la Llei Orgànica de Protecció de Dades de Caràcter Personal, l'informem que el tractament de les dades personals del seu fill/filla per la Facultat d'Òptica i Optometria serà específicament amb finalitat **acadèmica**.

Signatura de consentiment

ANEXO 2



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

QUESTIONARI DE SIMPTOMES

Nom i cognoms.....

Data de naixement..... Edat..... Curs.....

Portes ulleres o lents de contacte?..... Quant fa?.....

T'has fet algun examen visual?..... Quan et vas fer la última revisió de la vista?.....

Has tingut alguna malaltia important o tens alguna al·lèrgia a destacar?.....

Prens algun tipus de medicament? Quin?.....

SIMPTOMES (Marcar amb una X el requadre corresponent)	SI	A vegades	NO
1. Em canso quan porto una estona mirant de prop			
2. Em fa mal el cap quan porto una estona llegint			
3. Veig borrosos quan intento llegir			
4. Quan llegeixo, veig doble			
5. Quan llegeixo, em ploren els ulls			
6. Quan llegeixo em costa concentrar-me			
7. Quan llegeixo, noto que es mouen les lletres, les paraules o les línies			
8. Quan llegeixo, m'agafa son			
9. Quan porto una estona llegint, em costa més entendre el que llegeixo			
10. Llegeixo massa lentament			
11. Crec que giro un ull al llegir			
12. Tanco un ull per veure millor			
13. Sento tensió als ulls quan estic mirant alguna cosa una estona			
14. Quan llegeixo una estona, em distrec amb facilitat			
15. M'acosto o allunyo molt per llegir			
16. Haig de moure el cap per poder llegir			
17. Em perdo quan estic llegint			
18. Quan llegeixo, em salto algunes paraules o línies			
19. Em resulta difícil copiar de la pissarra			
20. Freqüentment em fa mal el cap			
21. Tinc dificultat per mirar de la pissarra a la llibreta i al revés			
22. Em molesta molt la llum			
23. Sento que em cremen els ulls al llegir			

Respon aquest qüestionari respecte dels teus pares:

Escriure en els requadres en blanc a, b, c segons la resposta escollida	Pare	Mare
Porten ulleres o lentes de contacte? a. Si b. No		
Si les utilitzen, quan les porten? a. Sempre b. Només per mirar de lluny (Mirar TV, conduir....) c. Només per mirar de prop (Llegir, escriure, ordinador, cosir....)		
A quina edat van començar a utilitzar-les? a. Abans del 16 anys d'edat b. Després dels 16 anys d'edat		

Si alguna de les tres respostes del pare o la mare en el qüestionari son la lletra a. , indica el problema refractiu o visual que presenta (miopia, hipermetropia, astigmatisme, estrabisme, ull gandul....):

Pare.....

Mare.....